

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Priv.-Doz. Dr. J. Maierl

„Der Rücken des Hundes“
-
ein interaktives Lernprogramm zur
Anatomie

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Kaline Sophie Theresa Pfaffendorf
aus
München

München 2014

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Johann Maierl

Korreferent/en: Univ.-Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Tag der Promotion: 12. Juli 2014

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	E-learning	2
2.2	Erstellung eines Computerprogramms.....	3
2.2.1	Durchführung	5
2.2.1.1	Auswahl und Gestaltung des Textes.....	5
2.2.1.2	Bilder und Grafiken im Lernprogramm	6
2.2.1.3	Kombination von Text und Bild	9
2.3	Anatomische Strukturen des Hunderückens.....	10
2.3.1	Das Skelettsystem	10
2.3.1.1	Die Wirbelsäule	10
2.3.1.2	Gelenke und Bänder	24
2.3.2	Das Muskelsystem.....	35
2.3.2.1	Die Faszien	35
2.3.2.2	Die Hautmuskulatur.....	40
2.3.2.3	Die Stammesmuskulatur	42
2.3.2.4	Statik und Dynamik	69
2.3.3	Das Kreislaufsystem	74
2.3.3.1	Die Arterien	74
2.3.3.2	Die Venen	84
2.3.4	Das Lymphgefäßsystem	93
2.3.5	Das Nervensystem	103
2.3.5.1	Makroskopische Anatomie des Rückenmarks	103
2.3.5.2	Die Rückenmarksnerven.....	106
2.3.5.3	Die Hüllen des Rückenmarks.....	118
3	Material und Methoden	123
3.1	Untersuchungsmaterial	123
3.2	Erstellung von anatomischen Präparaten und Bildern	123
3.2.1	Einteilung der Themengebiete und Zuweisung der Hunde	123
3.2.2	Knochenpräparate	125
3.2.3	Gelenkpräparate	125
3.2.4	Muskelpräparate	127
3.2.5	Gefäßpräparate	128

3.2.6	Nervenpräparate	131
3.2.7	Quer-/Längsschnitte	131
3.2.8	Anfertigung der Bilder.....	132
3.2.9	Digitale Nachbearbeitung der Bilder.....	132
4	Ergebnisse	134
4.1	Das Lernprogramm „Der Rücken des Hundes“	134
4.1.1	Seitenaufbau und Navigation	134
4.1.2	Knochenkapitel.....	140
4.1.3	Gelenkkapitel	142
4.1.4	Muskelkapitel	142
4.1.5	Gefäßkapitel.....	144
4.1.6	Nervenkapitel	146
4.1.7	Quiz.....	146
4.2	Plastinate und sonstige erstellte Präparate	149
5	Diskussion.....	150
5.1	Traditionelle Lehrmethoden und CUL im Vergleich	150
5.1.1	Traditionelle Lehr- und Lernmethoden: Vor- und Nachteile.....	150
5.1.2	Computerunterstütztes Lernen: Vor- und Nachteile	150
5.1.3	Blended Learning	152
5.2	Computerunterstütztes Lernen in der Tiermedizin.....	152
5.3	Das Lernprogramm „Der Rücken des Hundes“	153
5.4	Erstellte Präparate und Plastinate	157
6	Zusammenfassung.....	159
7	Summary.....	161
8	Anhang.....	163
9	Literaturverzeichnis	171

Alle anatomischen Termini wurden, falls nicht anders vermerkt, gemäß der 5. Auflage der Nomina Anatomica Veterinaria (NAV, 2012) bzw. der 2. Auflage der Nomina Embryologica Veterinaria (NEV, 2006) verwendet.

Abkürzungsverzeichnis

A., Aa.	Arteria, Arteriae
Art., Artt.	Articulatio, Articulationes
Can.	Canalis
caudalis	Im Sinne von „zum Schwanz gehörend“ mit „coccygeus“ identisch
CBT	Computer Based Training
CD-ROM	Compact Disc – Read Only Memory
CIP	Computer-Investitions-Programm
cran./ kran.	cranial/ kranial
CUL	Computerunterstütztes Lernen
dpi	dots per inch (Punkte je Zoll)
DVD	Digital Video Disc, Digital Versatile Disc
For., Forr.	Foramen, Foramina
GB	Gigabit
Ggl.	Ganglion
GIF	Graphics Interchange Format
Gl., Gll.	Glandula, Glandulae
HTML	Hypertext-Markup-Language
Inc., Incc.	Incisura, Incisurae
JPEG	Joint Photographic Experts Group
kran. /cran.	kranial/ cranial
Lc.	Lymphocentrum
Lig., Ligg.	Ligamentum, Ligamenta
Ln., Lnn.	Lymphonodus, Lymphonodi
M., Mm.	Musculus, Musculi
N., Nn.	Nervus, Nervi
ORF	Olympus Raw Format
PNG	Portable Network Graphic
Proc., Procc.	Processus, Processus
prox.	proximal
R., Rr.	Ramus, Rami
V., Vv.	Vena, Venae
WBT	Web Based Training

1 Einleitung

Das E-Learning hat sich in den letzten Jahren zunehmend in der medizinischen Ausbildung etabliert (HUWENDIEK et al., 2008). Computerassistierte Lernprogramme werden immer stärker für das Selbststudium und zur Ergänzung von Vorlesungen und Kursen eingesetzt (EHLERS et al., 2002).

Am Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät der LMU München sind im Rahmen des Blended Learnings bereits zahlreiche solcher computerunterstützten Lernprogramme entstanden. Darunter „BovineDigit“ ein multimediales 3D Lernprogramm“ (ZENGERLING, 2004), „Computer basiertes Lernprogramm über die physikalisch-technischen Grundlagen der Sonografie beim Kleintier“ (STRECK, 2004) oder auch „Der Pferdekopf“ - ein interaktives Lernprogramm“ (ALBERT, 2010) um nur ein paar zu nennen.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein multimediales Lernprogramm über die systematische und topografische Anatomie des Hunderückens zu erstellen, das vor allem die Studierenden der Veterinärmedizin bei der Vor- und Nachbereitung des Anatomiestoffes für die Lehrveranstaltungen oder auch bei der Physikumsvorbereitung unterstützen soll. Aber nicht nur Tiermedizinstudenten, sondern auch praktizierende Tierärzte sollen mit diesem Lernprogramm ihr Wissen über die klinisch-topografische Anatomie des Hunderückens auffrischen und erweitern können.

2 Literaturübersicht

2.1 E-learning

E-learning bedeutet „electronic learning“, also „elektronisch unterstütztes Lernen“ (RUF et al., 2008). Obwohl es inzwischen weit verbreitet ist, ist es schwierig für den Begriff E-Learning eine allgemeingültige Definition zu finden, da er sehr unterschiedlich eingesetzt und verwendet wird (BOEKER und KLAR, 2006; RUF et al., 2008). Grundsätzlich werden unter ihm verschiedene Lehr- und Lernangebote zusammengefasst, die mit neuen Medien und Computern arbeiten. Dabei werden die multimedialen Audio-, Bild- und Text-Daten auf Speichermedien, wie z. B. einer CD-ROM oder einer DVD, oder über Netzwerke bereitgestellt. Im engeren Sinn werden Systeme aber erst dann als E-Learning bezeichnet, wenn sie unter Verwendung von elektronischen Mitteln, verglichen mit einer konventionellen Lernform, einen adaptiven und interaktiven Mehrwert für den Lernenden darstellen (BOEKER und KLAR, 2006).

Nach technischen und didaktischen Gesichtspunkten können eine Reihe verschiedener Formen des E-Learnings unterschieden werden. Zu den didaktischen Formen gehören z. B. die linearen Formen, Hypertexte, Drill & Practice-Angebote, Simulationen, Tutorielle Systeme oder Fallbasiertes Lernen. Häufig liegen bei ihnen jedoch Mischformen vor. Anders bei den technischen Formen: hier unterscheidet man das Computer Based Training (CBT), das Web Based Training (WBT) oder das Blended Learning (BOEKER und KLAR, 2006).

Beim **Computer Based Training (CBT)** steht das Lehrmaterial auf einem lokalen Computer ohne Verbindung zum Internet oder einem abgeschlossenen Netzwerk zur Verfügung (BOEKER und KLAR, 2006; THIEDE, 2004). Das Lernprogramm wird dabei lokal von einem Datenträger geladen, wie z. B. bei einer selbst startenden CD-ROM/DVD oder es erfolgt eine Installation der Lernsoftware, um das Lernprogramm ausführen zu können. Dem Anwender wird dabei ermöglicht schnell auf die Lerninhalte zugreifen zu können, die nicht nur aus Text, sondern auch aus multimedial aufbereiteten Inhalten wie beispielsweise Bildern, Videos und Hörspielen bestehen (THIEDE, 2004).

Eine weitere Variante ist das **Web Based Training (WBT)**. Hierbei werden die Lerninhalte im Internet oder in abgeschlossenen Netzwerken, wie z. B. Netzwerken

von Universitäten, bereitgestellt und können so auf einen lokalen Computer übertragen werden (BOEKER und KLAR, 2006; THIEDE, 2004). Dem Studierenden ermöglicht das von zu Hause oder auch während eines Praktikums im Ausland auf Lerninhalte zuzugreifen. Zusätzlich wird ihm so die Möglichkeit geboten, das Lernpensum nach eigenen Zeit- und Geschwindigkeitsvorstellungen zu absolvieren (THIEDE, 2004).

Unter **Blended Learning**, welches teilweise auch als „hybrides“ oder „integriertes Lernen“ bezeichnet wird (HANDKE und SCHÄFER, 2012), versteht man die Kombination von Präsenzveranstaltungen und dem Selbststudium anhand von E-Learning-Modulen (HANDKE und SCHÄFER, 2012; HUWENDIEK et al., 2008; RUF et al., 2008).

2.2 Erstellung eines Computerprogramms

Bei der Planung eines Lernprogramms sollte man sich zuerst Gedanken darüber machen, welchen Inhalt das Programm umfassen soll, welches Ziel es hat und für welche Zielgruppe es gedacht ist. Anschließend sollte man über die Gestaltung des Inhalts, welche Autorensprache man verwenden möchte und die technische Umsetzung des Programms nachdenken. Folgende Fragestellungen wurden nach THIEDE (2004) und ALBERT (2010) zusammengestellt:

a) Welches Ziel wird mit dem Lernprogramm angestrebt?

Es soll Studenten der Tiermedizin und Tierärzten dazu dienen, sich einfach, schnell und unkompliziert mit der Anatomie des Hunderückens vertraut zu machen und ihr erworbenes Wissen anschließend in themenbezogenen Übungsaufgaben zu testen. Zusätzlich soll es die Studenten der Vorklinik bei der Prüfungsvorbereitung für das Physikum unterstützen.

b) Welche Zielgruppe soll das Lernprogramm ansprechen?

Das Lernprogramm ist vorwiegend für die Tiermedizinstudenten des 1. bis 4. Fachsemesters gedacht. Aber auch Studenten in höheren Semestern oder praktizierenden Tierärzten kann das Programm als Nachschlagewerk dienen.

c) Welches Wissen soll mit dem Lernprogramm vermittelt werden und wie wird der Inhalt gestaltet?

Das Lernprogramm soll die systematische und topographische Anatomie des Hunderückens auf dem Wissensstand vermitteln, der von Studierenden des 4. Fachsemesters abverlangt wird. Der Inhalt wird dabei in verschiedene Themenbereiche (die Knochen, die Gelenke, die Muskeln, die Gefäße und die Nerven) unterteilt und dem Benutzer am Ende eines jeden Kapitels die Möglichkeit gegeben, sein Wissen zu testen.

d) Welche technischen Mittel werden für die Realisierung des Programms benötigt?

- Ein Computer inklusive Betriebssystem und CD- bzw. DVD-Brenner, um das Programm zu erstellen und es anschließend auf einen Datenträger zu überführen.
- Eine CD-ROM bzw. DVD als Datenträger.
- Eine Digitalkamera zum Festhalten der Präparate auf digitalen Bildern und einen Scanner, um Zeichnungen in die digitale Form zu überführen.
- Ein Bildbearbeitungsprogramm, um die gemachten Fotos optimal aufzuarbeiten und eventuelle Schönheitsfehler zu korrigieren.

e) Welche Programmiersprache soll verwendet werden?

Da mit dem Lernprogramm „Der Pferdekopf“ (ALBERT, 2010) bereits ein fertiges Programm existiert, das mit HTML (Hypertext-Markup-Language) geschrieben wurde und sich mit „Die Vordergliedmaße des Hundes“ ein weiteres Lernprogramm im Schaffungsprozess befindet, möchte ich mich diesen Werken mit HTML als Programmiersprache anschließen. Vor Allem im Hinblick darauf, dass dieses Programm mit „Die Vordergliedmaße des Hundes“ und dem bald entstehenden „Die Hintergliedmaße des Hundes“ kompatibel sein soll, um sie eventuell miteinander zu einem großen Programm zu verknüpfen, ist es wichtig, dass die Programme mit gleichen Grundlagen erschaffen werden.

2.2.1 Durchführung

2.2.1.1 Auswahl und Gestaltung des Textes

Der Text ist ein wesentlicher Bestandteil von multimedialen Lernprogrammen. Da das Lesen am Bildschirm aber für den Lerner viel mühsamer und anstrengender ist, als das Lesen eines Buches, sollte auf die Präsentation von längeren Texten verzichtet und auf folgende Gestaltungsregeln geachtet werden (NIEGEMANN et al., 2008):

- **Gliederung in einzelne Abschnitte**

Dadurch wird der Text für den Lerner einfacher zu lesen und ihm wird so das Textverständnis erleichtert (NIEGEMANN et al., 2008).

- **Verwendung von Überschriften**

Durch sie wird der Text in kleinere Einheiten gegliedert und sie geben dem Lerner gleichzeitig Informationen über den Inhalt des nachfolgenden Textabschnitts (NIEGEMANN et al., 2008).

- **geeignete Wortwahl**

Die Wortwahl des Textes sollte sich am Wortschatz des Lernenden orientieren. Dabei sollten wenige Fremdwörter verwendet und Fachausdrücke mit verständlichen Formulierungen eingeführt und definiert werden. Enthält der Text viele unbekannte Fachausdrücke kann auch ein Glossar von Vorteil sein (NIEGEMANN et al., 2008). Abkürzungen dürfen nicht als bekannt vorausgesetzt werden, sondern sollten bei der ersten Verwendung stets ausgeschrieben werden (BALLSTAEDT, 1997).

- **einfacher Satzbau**

Unübersichtliche Satzkonstruktionen und Komposita sind zu vermeiden, da sie das Lesen des Textes erschweren (NIEGEMANN et al., 2008).

- **wichtige Textteile durch Orientierungsmarken hervorheben**

Orientierungsmarken, wie z. B. Spiegelstriche, Piktogramme, Umrahmungen, Unterlegungen oder farbige Schrift, erleichtern das Lesen. Dabei sollte man bei der Farbgebung darauf achten, die Farben nicht zu bunt durcheinander zu mischen und die Kombination von Kontrastfarben wie z. B. rot-grün oder schwarz-blau zu vermeiden. Die Signalfarbe rot sollte dafür verwendet werden, etwas besonders hervor zu heben (NIEGEMANN et al., 2008). Wichtig ist dabei, nicht zu viele Orientierungsmarken in einem Textabschnitt zu verwenden, da

sonst die gewünschte Wirkung verloren geht (BALLSTAEDT, 1997; NIEGEMANN et al., 2008).

– **Wahl der Schrift**

Es sollte möglichst eine serifenlose Schrift in der Schriftgröße 12 bis 14 Punkte verwendet werden. Schmallaufende Schriften sind dabei zu bevorzugen, da sie schneller gelesen werden können. Möchte man unterschiedliche Schriftarten verwenden, so sollten dies nicht mehr als zwei sein (BALLSTAEDT, 1997; NIEGEMANN et al., 2008). Um Textteile hervorzuheben sind fett gedruckte Wörter zu bevorzugen, da kursive Schriften schwerer zu lesen sind und unterstrichene Wörter leicht mit Internetlinks verwechselt werden können (NIEGEMANN et al., 2008). Die Zeilenlänge kann auf dem Bildschirm 60 bis 80 Buchstaben umfassen und der Zeilenabstand sollte so gewählt werden, dass die Zeilen mühelos, ohne ablenkende Seitensprünge, durchmustert werden können (BALLSTAEDT, 1997; NIEGEMANN et al., 2008).

2.2.1.2 Bilder und Grafiken im Lernprogramm

Schon allein der Satz - ein Bild sagt mehr als tausend Worte - drückt aus, dass Bildern im Lernprozess eine wichtige Rolle zugesprochen wird. Sie liefern einen anderen Zugang zu einem Sachverhalt als Informationen in Textform und können im Verlauf des Lernprozesses als Ergänzung zu Texten helfen den Inhalt besser zu verstehen (NIEGEMANN et al., 2008).

Soll ein Bild zum Lernen eingesetzt werden, muss sich der Bildautor darüber klar sein, was genau der Lernende aus diesem Bild lernen soll und es dementsprechend gestalten. Eine wichtige Voraussetzung für das Lernen mit Bildern ist zunächst, dass das Bild vom Lernenden wahrgenommen und verstanden wird. Denn entgegen der Auffassung, dass Bilder mühelos und leicht zu verstehen sind, handelt es sich beim Bildverstehen um einen komplexen Rezeptionsprozess und auch das Lernen mit Bildern erfordert einen weitergehenden Verstehensprozess als das bloße Erkennen. Um das Bildverstehen zu unterstützen können Bildlegenden, Bildbeschriftungen, Überschriften oder Hinweise im Text zur Nutzung des Bildes, sog. Steuerungscode verwendet werden. Steuerungscode können auch bildhaft in Form von Pfeilen, farbigen Hervorhebungen, Umrahmungen oder Ausschnittsvergrößerungen eingesetzt werden, oder indem wichtige Bildelemente detaillierter dargestellt und somit hervorgehoben werden (NIEGEMANN et al., 2008).

Wichtige Faktoren für die Bilderkennung sind (NIEGEMANN et al., 2008):

- **Figur-Grund-Trennung:**

Es sollte auf dem Bild klar ersichtlich sein, was das dargestellte Objekt ist und welche Komponenten zum Hintergrund gehören. Diese Trennung kann durch klare Begrenzungen, Farb- und Helligkeitskontraste sowie Einfärbungen oder Schattierungen verbessert werden.

- **Blickwinkel:**

Je nach Lernziel und erwünschtem Blickwinkel können verschiedene Perspektiven gewählt werden. Nach Möglichkeit sollte ein vertrauter Blickwinkel genommen werden, da ungewöhnliche Perspektiven das Erkennen erschweren können. So werden z. B. Lateralansichten von anatomischen Präparaten in den gängigen Lehrbüchern sehr oft von links dargestellt. Bei Dorsal- und Ventralansichten befindet sich der Kopf meist am oberen Bildrand (siehe hierzu z. B. „Lehrbuch der Anatomie der Haustiere“ (NICKEL et al., 2004/2005), „Atlas der Anatomie des Hundes“ (BUDRAS et al., 2012a) oder auch „MILLER'S ANATOMY of the DOG“ (EVANS und DE LAHUNTA, 2013b)).

- **optische Gruppen:**

Wichtiges sollte hervorgehoben und Zusammengehöriges gruppiert werden. Dabei sollte ein Bild nicht mehr als fünf bis sieben optische Gruppen umfassen.

- **Steuerungscode:**

Auch hier sollte der Richtwert von maximal fünf bis sieben Elementen eingehalten werden. Dabei sollte vermieden werden mehrere Steuerungscode in einem Bild zu verwenden oder zu viele Details hervorzuheben, da sich beides negativ auf die Aufmerksamkeitssteuerung auswirkt. Die Verwendung der Farben muss konsistent sein und sollte dabei nicht den gängigen Konventionen widersprechen (so werden z. B. Nerven in anatomischen Schemazeichnungen stets gelb abgebildet. Siehe hierzu z. B. „Lehrbuch der Anatomie der Haustiere“ (NICKEL et al., 2004/2005), „Atlas der Anatomie des Hundes“ (BUDRAS et al., 2012a) oder auch „MILLER'S ANATOMY of the DOG“ (EVANS und DE LAHUNTA, 2013b)). Auch der Steuerungscode selbst sollte den Konventionen entsprechen (ein Pfeil zeigt z. B. entweder auf ein bedeutendes Detail oder weist auf eine Bewegung hin).

- **Vergrößerungen:**

Bedeutsame Details können bis zu einem Faktor von 1,5 (150%) vergrößert werden, ohne den Betrachter zu irritieren. (NIEGEMANN et al., 2008)

Technische Aspekte für das Einbinden von Bildern:

Eine Pixel-/ Rastergrafik besteht (im Gegensatz zu einer Vektorgrafik) aus einer variablen Anzahl von Bildpunkten, den Pixel. Die Anzahl der Pixel, die horizontal in einer Reihe liegen, ergibt die Breite einer Grafik, die Anzahl der Pixel, die vertikal in einer Reihe liegen, die Höhe. Solange dieses Bild auf einem Bildschirm dargestellt werden soll, reicht die Angabe der Pixel in Breite und Höhe aus. Sollte diese Pixelgrafik jedoch über ein nicht pixel-orientiertes Medium wie z. B. den Drucker ausgegeben werden, muss man zuerst festlegen wie groß ein Pixel auf dem Papier dargestellt werden soll. Je dichter die Pixel beieinander liegen, desto feiner ist die Auflösung des gedruckten Bildes (SELFHTML, 2007). Diese Dichte und somit auch die Auflösung des Bildes wird in dpi/ dots per inch (Punkte je Zoll) angegeben (NIEGEMANN et al., 2008; SELFHTML, 2007). Für die Bildschirmausgabe reicht eine Auflösung von 72 dpi aus (NIEGEMANN et al., 2008), da Computerbildschirme mit dieser Auflösung arbeiten und somit unnötige Datenmengen eingespart und die Bilder schneller geladen werden können (EHLERS und FRIKER, 2003). Sollen die Bilder jedoch auch ausgedruckt werden können, ist in der Regel eine Auflösung von 250 bis 300 dpi sinnvoll (NIEGEMANN et al., 2008).

Für Bilder stehen verschiedene Kompressionsverfahren zur Verfügung, damit sie schneller übertragen werden können und weniger Speicherplatz benötigen (NIEGEMANN et al., 2008). Im Web haben sich für Grafiken hauptsächlich die Formate GIF und JPEG durchgesetzt. Beide haben ihre Stärken in unterschiedlichen Gebieten. Hinzu kommt ein weiteres Format, das viele Vorteile von GIF und JPEG in sich vereint: das PNG-Format (SELFHTML, 2007).

Das **GIF** (Graphics Interchange Format) -Format zeichnet sich durch eine hohe und vor allem verlustfreie Kompression aus. Zusätzlich kann man in diesem Format eine Farbe als transparent definieren und so einen transparenten Hintergrund schaffen (NIEGEMANN et al., 2008; SELFHTML, 2007). Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, mehrere Grafiken in einer einzigen Grafikdatei zu speichern, mit der Option die Einzelgrafiken zeitlich zu steuern, wodurch animierte GIF-Grafiken entstehen (SELFHTML, 2007). Das Format vermag allerdings nur 256 Farben zu speichern, so dass es bei einer Konvertierung von Bildern mit großer Farbtiefe zu Farbverlusten kommt (NIEGEMANN et al., 2008; SELFHTML, 2007). Deshalb ist das GIF-Format für hoch auflösende Grafiken und Fotos nicht unbedingt geeignet,

typische Web-Grafiksorten wie Buttons oder Cliparts lassen sich jedoch hervorragend realisieren (SELFHTML, 2007).

Das **JPEG** (Joint Photographic Experts Group) -Format komprimiert wie auch das GIF-Format sehr gut, allerdings nicht verlustfrei (NIEGEMANN et al., 2008; SELFHTML, 2007). Je höher der Kompressionsfaktor der JPEG-Grafik, desto schlechter ist seine Qualität. Die Verluste entstehen vor allem an scharfen Farbübergängen, wodurch die Ränder ausgefranst aussehen. Der Vorteil dieses Grafikformates liegt in den Farben: pro Bild können bis zu 16,7 Millionen Farben, sprich das gesamte Farbspektrum gespeichert werden. Damit ist es für das Speichern von Fotos und anderen Grafiken, in denen sehr feine Farbverläufe vorkommen, hervorragend geeignet. Für Bilder mit wenigen Farben und klaren Konturen, wie z.B. einfachen Zeichnungen sollte es jedoch nicht eingesetzt werden (SELFHTML, 2007).

Das **PNG** (Portable Network Graphic) -Format komprimiert ein Bild ebenfalls verlustfrei. Es unterstützt wie das JPEG-Format 16,7 Millionen Farben und vermag wie das GIF-Format Flächen transparent darzustellen. Im Gegensatz zum GIF kann man bei ihm über den Alphakanal jedoch auch die Transparenzstärke einer Farbe definieren und somit halbdurchsichtige Farbbereiche erstellen. Animierte Grafiken wie beim GIF-Format sind jedoch nicht möglich. Außerdem bietet das PNG-Format die Möglichkeit Zusatzinformationen zum Bild abzuspeichern, wie z. B. den Gammawert, der bei der Aufnahme des Bildes maßgeblich war. Das ermöglicht es dem Web-Browser, der das Bild anzeigt, eine Gammakorrektur vorzunehmen, wodurch vermieden wird, dass sich das Bild auf verschiedenen Bildschirmen und unter verschiedenen Betriebssystemen unterschiedlich darstellt. Das PNG-Format hat somit viele Vorteile, ein Nachteil gegenüber dem JPEG-Format besteht darin, dass es Fotos deutlich geringer komprimiert. Das größte Problem dieses Formates besteht jedoch in der zögerlichen Unterstützung der Software, da es von modernen Browsern nur uneinheitlich und oft nicht vollständig unterstützt wird (SELFHTML, 2007).

2.2.1.3 Kombination von Text und Bild

Eine Kombination von Text und Bild ist dem reinen Text überlegen. Diese Aussage beruht jedoch auf der Voraussetzung, dass die Bilder nur dann das Lernen mit Texten unterstützen, wenn sie sich auf den Inhalt des Textes beziehen und wenn im Text entsprechend auf die Wichtigkeit der Bilder verwiesen wird. Von Niegemann et al.

(2008) werden unter Berücksichtigung verschiedener Modelle zum multimedialen Lernen folgende Empfehlungen gegeben, wie Text und Bild bei der Gestaltung von Lernmaterialien sinnvoll didaktisch kombiniert werden können (NIEGEMANN et al., 2008):

- Erklärende Texte werden in die Grafik integriert oder sie werden nahe beieinander präsentiert (ist das nicht möglich, können Textteile durch Linien mit den dazugehörigen Grafikbestandteilen verbunden werden).
- Grafik und Text sollen immer gleichzeitig sichtbar sein. Die Verdeckung eines der beiden durch Scrollen sollte vermieden werden (ist eine gleichzeitige Präsentation von Text und Bild nicht möglich, sollte erst das Bild und dann der Text präsentiert werden).
- Kann ein Sachverhalt auf unterschiedliche Weise dargestellt werden, so sollte die Grafik verwendet werden, die am besten zu den Lernzielen passt.

Auf das sollte verzichtet werden:

- irrelevante und dekorative Grafiken
- unterhaltsame Berichte, die zwar mit dem Inhalt verbunden, aber nicht notwendig sind
- ausformulierte, detaillierte Beschreibungen
- Hintergrundmusik

(NIEGEMANN et al., 2008)

2.3 Anatomische Strukturen des Hunderückens

2.3.1 Das Skelettsystem

2.3.1.1 Die Wirbelsäule

Die **Wirbelsäule, Columna vertebralis**, setzt sich aus den Wirbeln zusammen, die mit ihrem zentralen **Wirbelloch, For. vertebrale**, den **Wirbelkanal, Can. vertebralis**, zur schützenden Aufnahme des Rückenmarks formen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004). Die Wirbel bilden eine mehr oder weniger horizontal gelagerte Wirbelkette, die beim Hund vier Krümmungen erkennen lässt: die dorsal konvexe Kopf-Hals-Krümmung, die dorsal konkave Hals-Brust-Krümmung, die dorsal schwach konvexe Brust-Lenden-Krümmung und die dorsal konvexe Sakral-Krümmung (NICKEL et al., 2004). Entsprechend der unterschiedlichen Regionen des Körpers unterscheidet man Hals-, Brust-, Lenden-,

Kreuz- und Schwanzwirbel (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Insgesamt besteht die Wirbelsäule aus ca. 50 Wirbeln. Die Wirbelformel für den Hund lautet $C_7 T_{13} L_7 S_3 Cd_{20}$, wobei der Buchstabe für die jeweilige Region (cervical, thoracal, lumbal, sacral, caudal) und die nachfolgende Zahl für die Anzahl der Wirbel in dieser Region steht. Die Anzahl der Schwanzwirbel ist beim Beagle relativ konstant, aber viele andere Hunderassen haben weniger und manche auch mehr Schwanzwirbel. Obwohl der Bewegungsspielraum zwischen zwei Wirbeln sehr eingeschränkt ist, ist die Wirbelsäule als Ganzes relativ flexibel. Die Zwischenwirbelscheiben und die Wirbelgelenke liefern die dafür erforderliche Elastizität und Verformbarkeit (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c).

Wirbel sind **kurze Knochen, Ossa brevia***, die mit einer zentralen Spongiosa ausgefüllt sind und marginal von einer Substantia compacta ummantelt werden. Das Knochengewebe wird von einer inneren und einer äußeren Knochenhaut, dem Endosteum und dem Periosteum überzogen. Im Inneren schließt es das Knochenmark, Medulla ossium, sowie versorgende Gefäße und Nerven ein (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Alle Wirbel besitzen eine gemeinsame Grundform, die in den verschiedenen Körperregionen den jeweiligen Funktionen angepasst und dementsprechend mehr oder weniger abgewandelt ist. Man unterscheidet am Wirbel folgende drei Grundbestandteile: den Körper, den Bogen und die Fortsätze (BUDRAS und REESE, 2012; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004).

Als **Wirbelkörper, Corpus vertebrae**, bezeichnet man den ventralen Teil des Wirbels, der eine dreiseitig prismatische oder zylindrische Form hat. Seine kraniale Endfläche, **Extremitas cranialis** oder **Caput vertebrae**, ist konvex, seine kaudale Endfläche, **Extremitas caudalis** oder **Fossa vertebrae**, dagegen konkav. Benachbarte Wirbel sind an diesen Flächen durch die **Zwischenwirbelscheiben, Disci intervertebrales**, spaltfrei miteinander verbunden (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Auf der Dorsalfläche des Körpers befindet sich eine durchgehende **Bandleiste** und an deren Seiten je eine flache **Längsrinne** zur Aufnahme der Wirbelblutleiter. Von hier aus durchbohren **Gefäßkanäle** den Wirbelkörper und münden auf seiner Ventralfläche (NICKEL et al., 2004). An dieser befindet sich die regional unterschiedlich stark ausgeprägte **Crista ventralis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Über die Dorsalfläche des Wirbelkörpers spannt sich der **Wirbelbogen**, **Arcus vertebrae**. Er besteht aus dem ventralen **Pediculus arcus vertebrae** und der sich dorsal anschließenden **Lamina arcus vertebrae** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Laut Evans et al. (2013c) und Salomon (2008b) besteht der Wirbel- oder Neuralbogen aus zwei **Pediculi arcus vertebrae** und zwei **Laminae arcus vertebrae**. Sie begrenzen gemeinsam mit dem Wirbelkörper das **Wirbelloch**, **Foramen vertebrale**. Die einzelnen Wirbellöcher reihen sich zum **Wirbelkanal**, **Canalis vertebralis**, aneinander, in dem das Rückenmark liegt (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Entsprechend den Anschwellungen des Rückenmarks weist der Wirbelkanal Erweiterungen im Bereich des 1. und 2. Halswirbels (hier größter Durchmesser), an der Hals-Brust-Grenze sowie im Lendengebiet auf. Von hier aus verjüngt er sich kaudal und endet in den ersten Schwanzwirbeln (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Der Wirbelbogen ist an seinem Ursprung auf beiden Seiten kranial und kaudal zur **Incisura vertebralis cranialis** bzw. **caudalis** eingekerbt (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Der kaudale Einschnitt ist dabei tief, der kraniale flach ausgebildet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Die einander zugekehrten Einschnitte zweier benachbarter Wirbel umschließen das **Zwischenwirbelloch**, **Foramen intervertebrale**. Dieses dient den Rückenmarksnerven (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) sowie Arterien und Venen zum Durchtritt in und aus dem Wirbelkanal (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; SALOMON, 2008b). Die Bögen benachbarter Wirbel legen sich dorsal meist eng aneinander oder greifen sogar übereinander. An einigen Stellen der Wirbelkette besteht allerdings ein weiterer **Zwischenbogenspalt**, **Spatium interarcuale**. Als Injektions- und Punktionsstelle sind das **Spatium atlantoaxiale*** zwischen dem 1. und dem 2. Halswirbel und das **Spatium lumbosacrale*** zwischen dem letzten Lenden- und dem ersten Kreuzwirbel klinisch bedeutsam (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Durch Abwärtsbiegen des Schwanzes lassen sich die Spalten zwischen dem Kreuzbein und dem ersten Schwanzwirbel und die zwischen den ersten Schwanzwirbeln erweitern (NICKEL et al., 2004). Des Weiteren besteht zwischen dem Hinterhauptsbein und dem 1. Halswirbel dorsal ein

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Zwischenraum, das **Spatium atlantooccipitale*** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004).

Als **Wirbelfortsätze**, **Processus vertebrae**, finden sich an jedem Wirbel ein Dornfortsatz, zwei Querfortsätze, vier Gelenkfortsätze und an den Brust- und Lendenwirbeln zudem jeweils zwei Zitzenfortsätze. Außerdem tragen die letzten Brust- und die Lendenwirbel je zwei Hilfsfortsätze. All diese Fortsätze dienen Muskeln und Bändern als Anheftung. Die Gelenkfortsätze dienen zusätzlich der gelenkigen Verbindung der Wirbel (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Der **Dornfortsatz**, **Proc. spinosus**, erhebt sich median auf dem Scheitel des Bogens, während die beiden **Querfortsätze**, **Procc. transversi**, an der Basis des Wirbelbogens lateral herausragen. Die **Gelenkfortsätze**, **Procc. articulares craniales** und **caudales**, verlaufen auf beiden Seiten des Dornfortsatzes vom Bogen aus, an der Stelle, an der sich Lamina und Pediculus treffen in kranialer bzw. kaudaler Richtung (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Ihre Gelenkflächen sind mit Knorpel überzogen (NICKEL et al., 2004). An den Brust- und Lendenwirbeln trägt der Bogen zusätzlich die kranial gerichteten **Zitzenfortsätze**, **Procc. mamillares**, die zwischen den Quer- und den kranialen Gelenkfortsätzen liegen (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). An den letzten Brust- und an den Lendenwirbeln findet man weiterhin kaudal hervortretende **Hilfsfortsätze**, **Procc. accessorii**. Diese liegen beidseits zwischen dem Quer- und dem kaudalen Gelenkfortsatz (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004).

2.3.1.1.1 Die Halswirbel

Der Hund besitzt sieben **Halswirbel**, **Vertebrae cervicales**. Die ersten beiden Halswirbel dienen der Kopfbewegung und unterscheiden sich in ihrer Form sehr voneinander und auch von allen anderen Wirbeln (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Der **erste Halswirbel**, **Atlas** (Kopfträger), stellt einen Ring dar, der aus einem flachen **dorsalen Bogen**, **Arcus dorsalis**, und einem ebenso flachen, aber wesentlich schmaleren **ventralen Bogen**, **Arcus ventralis**, besteht (NICKEL et al., 2004). Evans et al. (2013c) beschreiben den ventralen Bogen auch als Atlaskörper,

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

der vom Intercentrum I gebildet wird. Der dorsale Bogen trägt als Dornfortsatz das **Tuberculum dorsale**, das laut Nickel et al. (2004) beim Hund nur durch eine wenig prominente Rauigkeit vertreten und laut Evans et al. (2013c) des Öfteren zweigeteilt ist. Das **Tuberculum ventrale*** ist am ventralen Bogen, kaudal auf dessen Außenfläche, als kleine, aber markante Beule ausgebildet (NICKEL et al., 2004). Der **Seitenteil, Massa lateralis**, an der Grenze beider Bögen besitzt seitlich einen breiten **Querfortsatz, Proc. transversus**, der auch **Atlasflügel, Ala atlantis**, genannt wird (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die Atlasflügel laden beidseits als horizontal gestellte, fast ebene Platten nach lateral aus (NICKEL et al., 2004). Auf ihrer Unterfläche befindet sich die sehr flache **Atlasgrube, Fossa atlantis**. Der kraniale Flügelrand ist nahe des dorsalen Bogens zur **Inc. alaris** eingekerbt (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Medial von dieser führt eine Rinne zum **For. vertebrale laterale**, welches in den Wirbelkanal führt (NICKEL et al., 2004) und durch welches der 1. Halsnerv und die A. vertebralis ziehen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Die Wurzel des Atlasflügels wird in dessen kaudalem Bereich vom kanalförmigen **For. transversarium** durchbohrt (NICKEL et al., 2004). Auf der Innenfläche des ventralen Bogens befindet sich die **Fovea dentis** zur Artikulation mit dem Zahn des zweiten Halswirbels (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004). Sie ist sehr flach ausgebildet. Es sind keine freien Gelenkfortsätze vorhanden, da die entsprechenden Facies articulares den Bögen angefügt sind (NICKEL et al., 2004). Die **Foveae articulares craniales**, welche die Kondylen des Hinterhauptsbeins aufnehmen, sind tief, die **Foveae articulares caudales**, zur Artikulation mit dem zweiten Halswirbel, mäßig ausgehöhlt (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Letztere gehen ventral in die Fovea dentis über (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Der **zweite Halswirbel, Axis** (Epistropheus, Umdreher) ist der längste Halswirbel. An seinem Körper befindet sich kranial der lange, zapfenförmige **Zahn, Dens** (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b), der aus zwei aus dem Körper des Axis kranialwärts auswachsenden und untereinander verschmelzenden sog. Dentalfortsätzen entsteht (NICKEL et al., 2004). Der Dens ist morphologisch gesehen der Körper des Atlas, welcher entwicklungsgeschichtlich mit dem Axis verschmolzen ist (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009). Der **Wirbelkörper** besitzt meist eine

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

zylindrische Form (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Die **Crista ventralis** springt nur kranial und kaudal deutlich aus dem ventralen Wirbelkörper hervor. Der kammförmige **Proc. spinosus** reicht weit kranial, bis auf den Dorsalbogen des Atlas und ebenso kaudal, wo er über den dritten Halswirbel greift (NICKEL et al., 2004). Hier sind dem Proc. spinosus auf seiner Unterseite die **Procc. articulares caudales** angefügt (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Laut Evans et al. (2013c) sind die ventral gerichteten kaudalen Gelenkfortsätze ventrolaterale Verlängerungen des Wirbelbogens und des Axiskammes. Die gewölbten **Procc. articulares craniales**, zur Artikulation mit dem Atlas, befinden sich an der Kranialfläche des Körpers. Ventral gerichtet besitzen sie eine schmale Verbindung mit der **Facies articularis dentis*** (NICKEL et al., 2004). Liebich et al. (2009) spricht hier von einer *Facies articularis ventralis dentis**, die keine Verbindung zur *Facies articularis cranialis* besitzt. Der **Proc. transversus** springt kaudolateral vor, überragt dabei die *Extremitas caudalis* und überdeckt, weit kaudal reichend, das *Tuberculum ventrale* des dritten Halswirbels. An seinem Ursprung wird er vom **For. transversarium** durchbohrt (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b), durch welches die A., die V., und der N. vertebralis ziehen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; SALOMON, 2008b). Die **Inc. vertebralis cranialis** ist tiefer ausgebildet als die **Inc. vertebralis caudalis** (NICKEL et al., 2004). Die **Extremitas caudalis** ist leicht konkav (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Evans et al. sprechen zusätzlich von einem ProAtlas, der an der apikalen Spitze des Dens zu finden ist und kappenartig mit dessen kranialem Ende verschmilzt (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c).

Die **Wirbelkörper** des **3. bis 7. Halswirbels** nehmen kaudal an Länge ab (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Ihre **Extremitas cranialis** ist schwach gewölbt und ihre **Extremitas caudalis** entsprechend leicht konkav. Die **Crista ventralis** des 3. bis 5. Halswirbels ist kräftig ausgebildet (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Beim 6. Halswirbel ist sie weniger deutlich ausgeprägt und kann, wie beim 7. Halswirbel auch, manchmal fehlen (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Auf der Dorsalfläche der Wirbelkörper erhebt sich median im Wirbelkanal eine Leiste, die am 6. und 7. Halswirbel spangenförmig eine Mulde überbrückt (NICKEL et al., 2004). Die **Procc. spinosi** nehmen kaudal mehr und mehr an Länge zu (EVANS und DE

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die markanten **Procc. transversi** bestehen, abgesehen vom letzten Halswirbel, aus einem ventralen und einem dorsalen Anteil. Das ventrale Teilstück repräsentiert eine Rippenanlage, das dorsale entspricht dem eigentlichen Querfortsatz. Sie sind am 3. bis 5. Halswirbel zu schlanken Ästen, dem kranialen **Tuberculum ventrale** und dem kaudalen **Tuberculum dorsale**, ausgezogen (NICKEL et al., 2004). Der 6. Halswirbel besitzt anstelle des Tuberculum ventrale eine plattenförmige Verbreiterung, die **Lamina ventralis** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b), die eine breite, fast sagittal stehende Platte darstellt. Das Tuberculum dorsale springt bei ihm seitlich und etwas kaudal gerichtet vor (NICKEL et al., 2004). Die Querfortsätze werden an ihrem Ursprung mit Ausnahme des letzten Halswirbels vom **For. transversarium** durchbohrt (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Sie gestalten miteinander eine Art Querfortsatzkanal, der am 6. Halswirbel am weitesten ist (NICKEL et al., 2004). Liebich et al. (2009) und Budras et al. (2012) bezeichnen ihn als **Canalis transversarius***. In diesem Kanal verlaufen die A., die V. und der N. vertebralis (SALOMON, 2008b). Der 7. Halswirbel besitzt (laut Evans et al. (2013c) nur manchmal) kaudodorsal an seinem Körper eine **Fovea costalis caudalis**, die mit der entsprechenden Fovea costalis cranialis des ersten Brustwirbels die Gelenkpfanne für den Kopf der ersten Rippe bildet (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die Procc. transversi bestehen bei ihm allein aus den dorsalen Anteilen mit dem Tuberculum dorsale, das einen quergestellten Stab darstellt (NICKEL et al., 2004). An diesem artikuliert die Halsrippe, falls sie vorhanden ist (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Die **Procc. articulares craniales** und **caudales** sind groß und besitzen ebene, mehr oder weniger horizontal gestellte Gelenkflächen, die starke Seitwärtsbewegungen des Halses zulassen (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die Procc. articulares caudales besitzen dorsal eine beulenartige Erhebung (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004), an der jeweils eine Zacke der Mm. multifidi entspringt (NICKEL et al., 2004). Tief eingezogene **Incc. vertebrales craniales** und **caudales** begrenzen an der Halswirbelsäule weite **Forr. intervertebralia** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b), die von den Procc. articulares craniales lateral weitgehend überdeckt sind.

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Die **Spatia interarcualia** zwischen den Wirbelbögen sind sehr eng (NICKEL et al., 2004).

2.3.1.1.2 Die Brustwirbel

Normalerweise sind beim Hund 13, selten aber auch 14 oder 12 **Brustwirbel**, **Vertebrae thoracicae**, ausgebildet. Ihre, im Vergleich zu den anderen Wirbeln, kurzen **Wirbelkörper** nehmen ab dem 10. bis 11. Brustwirbel etwas an Länge zu (NICKEL et al., 2004). In ihrer Gesamtheit ist die Brustwirbelsäule deshalb nur etwa ein Drittel länger als die Lendenwirbelsäule, obwohl sie fast doppelt so viele Wirbel umfasst (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; SALOMON, 2008b). Die **Crista ventralis** ist nur an den kaudalen Wirbeln schwach ausgebildet. Die **Extremitas cranialis** und **caudalis** sind sehr flach. An der Grenze zu den Wirbelbögen besitzt jeder Wirbelkörper seitlich die tiefen **Foveae costales cranialis** und **caudalis**, die kaudal zunehmend flacher werden (NICKEL et al., 2004). Dem 11. Brustwirbel fehlt häufig die kaudale Grube und dem 12. und 13. Brustwirbel fehlt sie immer, so dass diese beiden auf jeder Seite nur kranial eine komplette Artikulationsgrube besitzen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Die Foveae benachbarter Wirbel bilden zusammen mit der Zwischenwirbelscheibe die Grube für die Aufnahme des Rippenkopfes (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). An dem nur kurzen **Proc. transversus** ist für die Artikulation mit dem Rippenhöcker die **Fovea costalis processus transversi** ausgebildet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b), die an den kaudalen Brustwirbeln zunehmend kleiner wird (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004). Die Gelenkflächen für den Rippenkopf und den Rippenhöcker liegen an den kranialen Brustwirbeln weit voneinander entfernt und nähern sich lendenwärts zunehmend an, bis sie an den letzten Brustwirbeln miteinander verschmelzen, wodurch die kaudalen Rippen eine größere Bewegungsfreiheit erhalten (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die hohen **Procc. spinosi** sind an den ersten 6 bis 7 Brustwirbeln etwa gleich lang und werden anschließend kürzer (NICKEL et al., 2004). Die Dornen der kranialen Brustwirbel neigen sich bis zum 9. oder 10. Brustwirbel zunehmend in kaudale Richtung (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; SALOMON, 2008b). Der Dorn des 10. oder 11. Brustwirbels steht senkrecht und wird als antiklinaler Wirbel, **Vertebra anticlinalis** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) oder auch als diaphragmatischer

Brustwirbel bezeichnet (ELLENBERGER et al., 1943; LIEBICH und KÖNIG, 2009). Dieser Wirbel stellt den Übergang zur Thorakolumbalregion dar (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Slijper (1946) bezeichnet mit dem antiklinalen Wirbel, denjenigen, welcher in Bezug auf die Neigung des Dornfortsatzes eine Zwischenstellung einnimmt. Unter dem diaphragmatischen Wirbel versteht er denjenigen, welcher in Bezug auf die Neigung der Gelenkflächen eine Zwischenstellung einnimmt (SLIJPER, 1946). Kaudal des antiklinalen Brustwirbels sind die Dornen zunehmend nach kranial geneigt (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die Dornfortsätze sind an ihren freien Enden zur **Tuberositas processus spinosi*** verdickt. Im kranialen Abschnitt der Brustwirbelsäule überragt das Schulterblatt die Dornen und bildet die knöcherne Grundlage für den Widerrist (NICKEL et al., 2004). Anstelle der **Procc. articulares** sind an den kranialen Brustwirbeln nur Gelenkflächen ausgebildet. Die **kranialen Gelenkflächen** liegen auf beiden Seiten dem Wirbelbogen dorsal und die **kaudalen** der Wurzel des Dornfortsatzes ventral auf (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). An den kaudalen Brustwirbeln sind die Procc. articulares deutlich ausgebildet (NICKEL et al., 2004). Die Gelenkflächen sind im kranialen Abschnitt der Wirbelsäule tangential zur Wölbung des Wirbelbogens gestellt, wodurch Rotationsbewegungen um die Längsachse der Wirbel ausgeführt werden können. Im kaudalen Brustwirbelbereich stehen die Gelenkflächen sagittal, womit sich die Bewegung auf dorsoventrales Auf- und Durchbiegen beschränkt (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Die kranial gerichteten **Zitzenfortsätze** sind bis zum antiklinalen Wirbel den Querfortsätzen benachbart. Kaudal von diesem trennen sie sich von ihnen und nähern sich den Gelenkfortsätzen an, mit denen sie schließlich zu den **Procc. Mamilloarticulares*** verschmelzen (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Laut Evans et al. (2013c) treten die kleinen, knopfartigen Erhebungen erst ab dem 2. oder 3. Brustwirbel auf und verbinden sich ab dem 11. Brustwirbel mit den kranialen Gelenkfortsätzen. Die kaudal gerichteten **Procc. accessorii** sind laut Nickel et al. (2004) an allen Brustwirbeln, laut Evans et al. (2013c) erst ab der mittleren Thoraxregion und laut Salomon (2008b) erst an den letzten Brustwirbeln ausgebildet. Sie sind zunächst dem Querfortsatz benachbart, wandern jedoch zunehmend den Wirbelbogen hinauf (NICKEL et al., 2004). Die

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Incc. vertebrales craniales, welche nach Evans et al. (2013c) häufig fehlen, sind flach und die **Incc. vertebrales caudales** tief eingekerbt (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Dadurch, dass sich die Wirbelbögen in diesem Bereich überdecken sind die **Spatia interarcualia** sehr eng (NICKEL et al., 2004) bzw. nicht vorhanden (SALOMON, 2008b).

2.3.1.1.3 Die Lendenwirbel

Für gewöhnlich sind beim Hund sieben Lendenwirbel, *Vertebrae lumbales*, ausgebildet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004). Selten können es auch nur sechs sein (NICKEL et al., 2004). Ihre **Wirbelkörper** sind deutlich länger und einheitlicher als die der Brustwirbelsäule (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008b). Sie nehmen bis zum 6. Wirbel an Länge und Breite zu (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004) und auch der Wirbelkanal wird zunehmend weiter (NICKEL et al., 2004). Der letzte Lendenwirbel ist jedoch wieder ungefähr genauso lang wie der erste (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Die **Extremities craniales** und **caudales** sind flach ausgebildet (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) und nur an den kaudalen Wirbeln ist die **Crista ventralis** deutlich zu erkennen (NICKEL et al., 2004). Die **Procc. spinosi** werden bis zum 5. oder 6. Wirbel länger und sind an ihrem freien Ende kammförmig verdickt. Die Dornen der ersten Lendenwirbel sind kranial geneigt und erst am 6. oder 7. Lendenwirbel nehmen sie wieder eine senkrechte Stellung ein (NICKEL et al., 2004). Die Querfortsätze, welche Rippenrudimente darstellen und deshalb als **Procc. costales** bezeichnet werden, laden kranioventral gerichtet weit zu den Seiten aus (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004) und sind, bis auf den letzten, an ihrem freien Ende verbreitert (NICKEL et al., 2004). Der Querfortsatz des 1. Lendenwirbels ist der kürzeste, der des 5. oder 6. Wirbels der längste (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Die **Procc. articulares** besitzen, wie schon an den letzten Brustwirbeln, flache, sagittal stehende Gelenkflächen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die kranialen Gelenkfortsätze sind an den kaudalen Lendenwirbeln zunehmend mit den kammförmigen **Procc. mamillares** zu **Procc. mamilloarticulares** verschmolzen. Die kaudal gerichteten, griffelförmigen **Procc. accessorii** werden zum Sakrum hin immer

kleiner (NICKEL et al., 2004) und fehlen laut Evans et al. (2013c) ab dem 5. oder 6. Lendenwirbel ganz. Die nur leicht eingekerbten **Incc. vertebrales craniales** und **caudales** begrenzen enge **Forr. intervertebralia**. Die **Spatia interarcualia** der Lendenwirbelsäule sind eng; nur das Spatium interarcuale lumbosacrale ist so weit, dass hier das Einstechen in den Wirbelkanal möglich ist (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die Wirbel der Lendenwirbelsäule sind fest ineinander verzahnt, wodurch sie eine Festigkeit erhält, die die Übertragung des Bewegungsimpulses von der Hinterhand auf den gesamten Körper ermöglicht (NICKEL et al., 2004).

2.3.1.1.4 Die Kreuzwirbel

Die Kreuzwirbelsäule besteht aus 3 Kreuzwirbeln, *Vertebrae sacrales*, die unter Verknöcherung der Zwischenwirbelscheiben und Vereinigung weiterer Wirbelanteile zum einheitlichen **Kreuzbein, Os sacrum**, verschmolzen sind (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die Verknöcherung ist bereits im Alter von 1 ½ Jahren abgeschlossen. Das kurze, vierseitig begrenzte Kreuzbein besteht kranial aus der **Basis ossis sacri** und verjüngt sich kaudal nur ein wenig zur **Apex ossis sacri** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). An der konkaven **Facies pelvina**, der eine **Crista ventralis** fehlt, kann man die Nahtstellen der Wirbelkörper als zwei undeutliche **Querlinien, Lineae transversae** erkennen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004). Durch die Verwachsung besitzt nur der erste Wirbel eine flache und breite **Extremitas cranialis**, die ventral das kammförmige, niedrige **Promontorium** aufweist und kranial von den beiden **Procc. articulares craniales** weit überragt wird. Dementsprechend besitzt auch nur der letzte Wirbel eine schmale und ebene **Extremitas caudalis** die kaudal nur wenig von den **Procc. articulares caudales** überragt wird (NICKEL et al., 2004). Die großen, dorsomedial gerichteten **Procc. articulares craniales** artikulieren mit dem siebten Lendenwirbel, die kleinen **Procc. articulares caudales** mit dem ersten Schwanzwirbel, welcher gelegentlich auch mit dem Kreuzbein verwachsen sein kann (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Eine **Inc. vertebralis cranialis** bzw. **caudalis** ist nur am ersten bzw. letzten Kreuzwirbel ausgebildet (SALOMON, 2008b). Auf der **Facies dorsalis** sind die miteinander verschmolzenen **Wirbelbögen** flach über den Kreuzbeinkörper gespannt und bilden mit diesem den dorsoventral abgeplatteten Wirbelkanal im Kreuzbein,

Canalis sacralis (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b), der bereits an seinem Anfang wesentlich enger ist, als jener im Bereich der letzten Lendenwirbel und sich bis zum Apex ossis sacri auf die Hälfte verjüngt (NICKEL et al., 2004). Die **Dornfortsätze** sind an ihrem Ursprung miteinander verwachsen (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Die mehr oder weniger frei stehenden Dornen sind nach kaudal geneigt und die Enden schmal-buckelförmig verdickt (NICKEL et al., 2004). Laut Evans et al. (2013c) und Budras et al. (2012) verschmelzen die Dornfortsätze zur **Crista sacralis mediana**, an der anhand von zwei Einkerbungen der Verschmelzungsbereich noch zu erkennen ist (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Die miteinander verschmolzenen **Querfortsätze** jeder Seite bilden die kräftige **Pars lateralis**, welche eine schwach angedeutete **Crista sacralis lateralis** trägt (NICKEL et al., 2004). Im Bereich des 1. und 2. Kreuzwirbels ragt die Pars lateralis als **Kreuzbeinflügel, Ala sacralis**, weit nach lateral hervor (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die lateral gerichtete, überknorpelte **Facies auricularis** des Kreuzbeinflügels dient der gelenkigen Verbindung mit dem Darmbeinflügel (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Auf der Außenfläche der Pars lateralis erheben sich kleine Höcker, die die verschmolzenen, rudimentären Procc. articulares darstellen (NICKEL et al., 2004). Bei manchen Hunden sind die rudimentären Gelenkfortsätze einer Körperseite durch einen Kamm miteinander verbunden, wodurch eine **Crista sacralis intermedia** entsteht (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Die Unterfläche der Pars lateralis ist glatt, die Außenfläche ist für den Ansatz von Muskeln und Bändern angeraut (NICKEL et al., 2004) und wird von Salomon (2008b) und Liebich et al. (2009) als **Tuberositas sacralis** bezeichnet. Durch die Verschmelzung der Querfortsätze öffnen sich die in der Tiefe zwischen den Bogenwurzeln noch einheitlichen **Forr. intervertebralia** mit den untereinander fast gleich weiten **Forr. sacralia dorsalia** nach dorsal und mit den **Forr. sacralia ventralia (pelvina*)** nach ventral (NICKEL et al., 2004). Durch sie können die Rr. dorsales und ventrales der Sakralnerven sowie Gefäße aus- bzw. eintreten (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; SALOMON, 2008b). Laut Evans et al. (2013c) sind die Forr. sacralia ventralia größer als die Forr. sacralia dorsalia.

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

2.3.1.1.5 Die Schwanzwirbel

Der Hund besitzt meist 20 bis 23 Schwanzwirbel, *Vertebrae caudales*, obwohl die Anzahl auch wesentlich geringer sein kann (z. B. bei angeborener Kurzschwanzigkeit) (NICKEL et al., 2004). So kann die Zahl laut Evans et al. (2013c) zwischen 6 und 23 variieren. Die ersten vier, relativ kurzen Knochen besitzen noch alle typischen Wirbelmerkmale. Die **Dornfortsätze** stellen eine niedrige Leiste dar. Am hinteren Ende der Wirbel entspringen die apikal gerichteten **Procc. transversi**. Die kräftigen **Procc. articulares craniales** bilden zusammen mit den beulenförmigen **Zitzenfortsätzen** die **Procc. mamilloarticulares**. Die **Procc. articulares caudales** eines Wirbels sind schwanzspitzenwärts nur durch eine seichte Inzisur voneinander getrennt. Die **Extremities cranialis** und **caudalis** der Schwanzwirbelkörper sind konvex ausgebildet (NICKEL et al., 2004). Der **Wirbelkörper** des ersten Schwanzwirbels ist genauso lang wie er breit ist (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Vom 5. bis 10. Schwanzwirbel nimmt die Länge der Körper zu, um anschließend stetig kürzer zu werden, bis die beiden letzten Wirbel nur noch 3 – 5 mm lang sind. Die **Fortsätze** werden vom 5. Wirbel ab allmählich kleiner, wobei die **Procc. mamilloarticulares** apikal am längsten erhalten bleiben (NICKEL et al., 2004). Die **Procc. transversi** sind meist ab dem 15. Wirbel verschwunden (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Nach dem Verschwinden der niedrigen leistenförmigen Dornfortsätze erreichen auch vom 8. (NICKEL et al., 2004) bzw. vom 6. oder 7. (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c) Schwanzwirbel ab die beiden Teile der Neuralbögen einander nicht mehr, so dass der Wirbelkanal dorsal offen ist (NICKEL et al., 2004). Der Wirbelkanal stellt dann eine nur mehr seitlich durch die **Neuralfortsätze**, **Procc. arcuales***, begrenzte Rinne dar, die sich allerdings schwanzspitzenwärts recht weit verfolgen lässt (NICKEL et al., 2004). Auf der Ventralfläche der Wirbelkörper ragen vom 4. Schwanzwirbel ab **Haemalfortsätze**, **Procc. haemales**, hervor (BUDRAS und REESE, 2012; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Diese können anfänglich zu einem **Haemalbogen**, **Arcus haemalis**, geschlossen sein und lassen sich bis zum 17. oder 18. Schwanzwirbel verfolgen bevor sie ganz verstreichen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004). Laut Evans et al. (2013c) stellen die Haemalbögen eigenständige Knochen (*Ossa arcus haemalis* (NAV, 2012)) dar, die mit dem kaudalen Ende der Ventralfläche des 4., 5. und 6. Wirbelkörpers artikulieren. Laut Budras et al. (2012)

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

sind sie vom 4. bis zum 7. (8.) Schwanzwirbel geschlossen. Die Bögen umschließen die A. caudalis mediana und bieten ihr somit einen gewissen Schutz (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; SALOMON, 2008b). Die **Spatia interarcualia** zwischen dem Kreuzbein und dem 1. Schwanzwirbel bzw. zwischen den folgenden noch bogentragenden Schwanzwirbeln gestatten Injektionen in den Wirbelkanal (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Durch Abbiegen des Schwanzes nach unten können die Spalten gut tastbar erweitert werden (NICKEL et al., 2004).

2.3.1.1.6 Die Rippenknochen

Die Anzahl der Rippenpaare entspricht der Anzahl der Brustwirbel (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Es sind also für gewöhnlich 13 Rippenpaare ausgebildet: neun sternale, **Costae sternales**, und vier asternale, **Costae asternales**, wobei das letzte Rippenpaar des Hundes häufig als sog. Fleischrippen, **Costae fluctuantes**, bezeichnet wird (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Bis zur 9. (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c) bzw. 10. Rippe (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004) nimmt die Länge der Rippen zu, bevor sie dann wieder kürzer werden (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004). Die kranialen Rippen sind seitlich abgeplattet, die kaudalen hingegen fast rund (NICKEL et al., 2004). An den **Rippen**, **Costae** unterscheidet man den proximalen **Rippenknochen**, **Os costale** und den distalen **Rippenknorpel**, **Cartilago costalis** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Der Rippenknochen trägt an seinem proximalen Ende den **Rippenkopf**, **Caput costae** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Dieser weist zwei, durch die undeutliche **Crista capitis costae** getrennte, konvexe **Gelenkflächen**, die **Facies articularis capitis costae (cranialis et caudalis*)** auf, die mit den Rippenkopfgruben zweier benachbarter Wirbelkörper artikulieren (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Nach distal verjüngen sich die Rippen im **Rippenhals**, **Collum costae**. Bei einem Teil der Rippen ist hier eine **Crista colli costae** ausgebildet (NICKEL et al., 2004). Seitlich ragt aus dem Hals der

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Rippenhöcker, Tuberculum costae, hervor (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Dieser besitzt zur Artikulation mit dem Querfortsatz des gleichzähligen Brustwirbels die **Facies articularis tuberculi costae** (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Der Raum, welcher vom Rippenhals, dem Rippenhöcker und dem Wirbelkörper begrenzt wird, wird als **For. costotransversarium*** bezeichnet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Ebenso wie die entsprechenden Kontaktflächen an der Wirbelsäule rücken die kaudale Gelenkfläche des Rippenkopfes und die des Rippenhöckers immer dichter zusammen und vereinigen sich schließlich an den drei letzten Rippen, was der größeren Beweglichkeit der Rippen dient. Die kraniale Gelenkfläche verschwindet an den letzten zwei bis drei Rippen fast ganz, da diese Rippen nur noch mit ihrem gleichzähligen Wirbel artikulieren (NICKEL et al., 2004). Ca. 20 mm distal des Rippenhöckers findet sich der **Rippenwinkel, Angulus costae** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; NICKEL et al., 2004), wo das proximale Endstück der Rippe gegen das distal folgende **Mittelstück, Corpus costae**, abgebogen ist (NICKEL et al., 2004). Etwa in Höhe dieses Rippenwinkels befindet sich die **Tuberositas m. longissimi**, weiter distal am kaudolateralen Rand die **Tuberositas m. iliocostalis** und an der ersten Rippe zusätzlich das **Tuberculum m. scaleni ventralis**. Auf der medialen Fläche der Rippen verläuft in der Nähe des kaudalen Randes der **Sulcus costae**, der die Interkostalgefäße und –nerven aufnimmt (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) und nur undeutlich ausgebildet ist (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c). Das distale Endstück des Rippenknochens verbindet sich in der **Rippenfuge** in Form einer **Rippensymphyse** mit dem Rippenknorpel (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Der Raum zwischen zwei Rippen wird als **Interkostalraum, Spatium intercostale**, bezeichnet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c; SALOMON, 2008b) und ist zwei- bis dreimal breiter als die Rippen selbst (EVANS und DE LAHUNTA, 2013c).

2.3.1.2 Gelenke und Bänder

Die Verbindungen der Knochen des Stammes lassen sich in mehreren Gelenkgruppen zusammenfassen. Die für den Rücken relevanten Gelenkgruppen

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

sind die Kopfgelenke, die Verbindungen der Wirbel untereinander und die Verbindungen der Rippen mit den Wirbeln.

2.3.1.2.1 Die Kopfgelenke

Für die Bewegung des Kopfes sind zwei Gelenke ausgebildet: die Art. atlantooccipitalis zwischen dem Atlas und dem Hinterhauptsbein und die Art. atlantoaxialis zwischen den ersten beiden Halswirbeln (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004).

Das **erste Kopfgelenk, Articulatio atlantooccipitalis**, besteht aus zwei **Ellipsoidgelenken, Artt. ellipsoideae**, die von den Condylus occipitales des Hinterhauptsbeins und den Foveae articulares craniales des Atlas gebildet werden (BUDRAS und REESE, 2012; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Jedes Ellipsoidgelenk wird von einer eigenständigen **Gelenkkapsel, Capsula articularis**, umgeben, die an den Gelenkrändern inseriert (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Dorsal liegen diese weit voneinander entfernt, ventral hingegen sind sie dicht benachbart und stehen hier in offener Verbindung miteinander (NICKEL et al., 2004), so dass eine gemeinsame U-förmige Gelenkhöhle entsteht (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Die Gelenkhöhle tritt ventral zudem mit der Gelenkhöhle des Atlantoaxialgelenks in Verbindung (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004), wodurch eine gemeinsame, sanduhrglasförmige Gelenkhöhle entsteht (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a).

Das Gelenk wird in seiner Bewegung von **Gelenkbändern, Ligg. articularia***, geführt (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Die **Seitenbänder, Ligg. lateralia**, entspringen medial an den Procc. paracondylares des Hinterhauptsbeins und heften sich kranial an der Basis der Atlasflügel an (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Die **Membrana atlantooccipitalis ventralis** verstärkt die ventrale Gelenkkapsel (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Sie verläuft zwischen der ventralen Kante des For. magnum und dem ventralen Wirbelbogen des Atlas (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Die **Membrana atlantooccipitalis dorsalis** verschließt als kräftige Platte

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

das weite Spatium atlantooccipitale und ist lateral mit den Gelenkkapseln verschmolzen (NICKEL et al., 2004). Sie verläuft zwischen der dorsalen Kante des For. magnum und dem dorsalen Wirbelbogen des Atlas (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a).

Die Bewegungsmöglichkeit im Atlantookzipitalgelenk beschränkt sich fast ausschließlich auf die Streckung und Beugung des Gelenks. Andere Richtungsänderungen wie Seitwärts- und Drehbewegungen sind nur in geringem Maße möglich (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Das **zweite Kopfgelenk, Articulatio atlantoaxialis**, ist ein **Zapfengelenk, Art. trochoidea**, und dient der gelenkigen Verbindung von Atlas und Axis. Median artikuliert der Zahn des Axis mit der Fovea dentis des Atlas und seitlich sowie teils auch ventral artikulieren die Facies articulares craniales des Axis mit den Foveae articulares caudales des Atlas (BUDRAS und REESE, 2012; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Diese drei ineinander übergehenden Gelenkflächen werden von einer einheitlichen Gelenkhöhle umschlossen (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Die **Membrana atlantoaxialis dorsalis**, die laut Evans et al. (2013a) auch **Membrana tectoria** genannt wird, verstärkt mit ihren kollagenen Fasern die dorsale Gelenkkapsel. Sie erstreckt sich dorsal von links nach rechts zwischen den Bögen der beiden Wirbel (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Laut Salomon (2008b) und NAV (2012) stellt die Membrana tectoria die verbreiterte Fortsetzung des Lig. longitudinale dorsale dar, welche sich von der Dorsalfläche des Axiskörpers durch das Wirbelloch des Atlas bis zum For. magnum hin erstreckt und so die ventrale Begrenzung des Wirbelkanals darstellt. Das elastische **Lig. atlantoaxiale dorsale** verläuft zwischen dem Tuberculum dorsale des Atlas und dem Kamm des Axis und ist mit der Membrana atlantoaxialis dorsalis eng verbunden (NICKEL et al., 2004). Das **Lig. apicis dentis** entspringt an der Spitze des Dens und zieht direkt zum ventralen Rand des For. magnum, wo es am Basiokzipitale ansetzt (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; SALOMON, 2008b). Die beiden **Ligg. alaria** sind breiter und stärker ausgebildet als das Lig. apicis dentis (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Sie entspringen seitlich am Dens axis und inserieren an der Medialfläche der Condylus occipitales. Das **Lig. transversum atlantis** ist ein starkes Band, das den Zahn des Axis dorsal quer

überspannt und auf beiden Seiten am Ventralbogen des Atlas inseriert (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Dieses Band hält den Dens an seinem Platz und verhindert, dass er in den Wirbelkanal hineinragt (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008b). Zwischen der Ventralfläche des Bandes und dem Dens axis befindet sich ein Schleimbeutel (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004), welcher nicht mit der gemeinsamen Gelenkhöhle kommuniziert (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a).

Im Atlantoaxialgelenk dreht sich der Atlas (zusammen mit dem Kopf) um die Längsachse des Axiszahns (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004).

2.3.1.2.2 Die Verbindungen der Wirbel miteinander

Die ersten beiden Halswirbel nehmen durch die Ausbildung der beiden Kopfgelenke eine besondere Stellung ein. Das Kaudalende des Axis reiht sich aber bereits in die Art von Knochenverbindung ein, die zwischen allen sich kaudal anschließenden Wirbeln besteht. Die einzige Ausnahme bilden dabei die Kreuz- und die letzten Schwanzwirbel (NICKEL et al., 2004).

Die Zwischenwirbelscheiben

Zwischen den jeweiligen Extremitates craniales et caudales der Wirbel sind keine Articulationes synoviales, sondern **Zwischenwirbelfugen, Symphyses intervertebrales**, ausgebildet, die von den Disci intervertebrales (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) und den Ligg. longitudinalia dorsalis et ventralis gebildet werden (NICKEL et al., 2004). Die **Zwischenwirbel- oder Bandscheiben, Disci intervertebrales**, liegen zwischen benachbarten Wirbelkörpern und verbinden diese miteinander (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Sie sind im Hals- und Lendenwirbelbereich am breitesten, wobei die mit Abstand dicksten zwischen den letzten Halswirbeln liegen. Zwischen den Schwanzwirbeln sind die Zwischenwirbelscheiben am dünnsten ausgebildet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Laut Liebich et al. (2009) sind die Disci intervertebrales des Lendenbereichs am stärksten verjüngt. Die Ernährung dieses avaskulären Gewebes erfolgt durch Diffusion (LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008b), durch die

hyalinen Knorpelplatten der Wirbelkörper hindurch (SALOMON, 2008b). Jeder Discus intervertebralis besteht aus einem zentralen, amorphen **Gallertkern, Nucleus pulposus**, und dem diesen umgebenden **fibrösen Ring, Anulus fibrosus**, dessen faserknorpeliger Anteil peripher allmählich in fibröses Bindegewebe übergeht (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Der Anulus fibrosus besteht aus Gruppen parallel laufender Fasern, die schräg-spiralig von einem Wirbelkörper zum anderen ziehen und sich in aufeinanderfolgenden Schichten so kreuzen, dass ein gitterartiges Muster entsteht (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009). Liebich et al. (2009) bezeichnet das als Lamellenschichtung. Die Kollagenfasern des Faserknorpels strahlen in die hyalinen Knorpelplatten der Wirbelkörper ein (LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008b), die Faserlagen des straffen Bindegewebes setzen an den Randleisten der Wirbelkörper an (SALOMON, 2008b). Ventral, wo der Ring aus über acht Schichten bestehen kann, ist er anderthalb bis dreimal so dick wie dorsal (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Die Zwischenwirbelscheiben sind also nicht planparallel sondern etwas keilförmig gestaltet (SALOMON, 2008b); sie tragen somit wesentlich zur Krümmung der Wirbelsäule bei (LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008b). Laut Fischer et al. (2011) sind zumindest die Zwischenwirbelscheiben der Lendenwirbelsäule sehr wohl gleichmäßig gestaltet und lediglich diejenige im Lumbosakralgelenk ist keilförmig am unteren Rand verbreitert. Von kranial bzw. kaudal betrachtet ist die Zwischenwirbelscheibe oval, wobei sie horizontal den größten Durchmesser aufweist (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Der Nucleus pulposus besteht aus zellarmem, gallertigem Gewebe, das durch seinen hohen Gehalt an Glykosaminoglykanen ein hohes Wasserbindungsvermögen aufweist. Der Wassergehalt dieses Gewebes liegt bei über 80% (SALOMON, 2008b). Der Gallertkern liegt im Zentrum der Bewegungsachse der Wirbelsäule (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Seine Lage und Form kann man auch an den Wirbelkörperenden anhand von Vertiefungen erkennen, die von einer Linie umschlossen werden, die dorsal etwas von der Mitte abweicht (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Der Gallertkern wirkt bei der Belastung wie ein Wasserkissen, das den Druck nach allen Seiten gleichmäßig verteilt und somit auch die Fasern im Knorpel und im Anulus fibrosus in Spannung versetzt (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Die Zwischenwirbelscheibe als Ganzes wirkt somit als druckelastischer Puffer oder Stoßdämpfer bei der Bewegung der einzelnen Wirbel gegeneinander (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Erst das

physiologische Zusammenspiel von Nucleus pulposus und Anulus fibrosus lässt die Wirbelsäule funktionell zu einem „elastischen Stab“ werden (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Im entlasteten Zustand nimmt die Zwischenwirbelscheibe Flüssigkeit aus den subchondralen Gefäßen des Knochenmarks durch Konvektion auf und erhöht ihren Turgor. Kurzfristige Belastungen werden von der Zwischenwirbelscheibe abgepuffert, wobei etwa drei Viertel der Druckkräfte vom Nucleus pulposus und nur ein Viertel vom Anulus fibrosus aufgenommen werden. Bei lang anhaltenden Belastungen gibt die Zwischenwirbelscheibe Wasser an die subchondralen Knochenmarksgefäße ab und ihr Turgor sinkt (SALOMON, 2008b).

Die Wirbelgelenke

Zwischen den Wirbelbögen sind paarige **Wirbelbogengelenke, Articulationes processuum articularium**, ausgebildet. Die Procc. articulares craniales und caudales der Wirbel bilden **Schiebegelenke, Articulationes planae** (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b), welche eine Bewegung parallel zu den Gelenkflächen zulassen (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Im Bereich der Halswirbelsäule setzen sich diese Gelenke aus kräftigen Gelenkfortsätzen mit breiten, nahezu horizontal gestellten Gelenkflächen und weiten Gelenkkapseln zusammen, die eine verhältnismäßig große Beweglichkeit dieses Wirbelsäulenabschnitts ermöglichen. Im Brust- und Lendenwirbelsäulenbereich nimmt die Beweglichkeit nach kaudal zunehmend ab, da die Gelenkflächen zunehmend kleiner und die Gelenkkapseln fortschreitend enger werden (NICKEL et al., 2004). Zudem stellen sich die Gelenkflächen ab dem 10. Brustwirbel zunehmend sagittal (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a), so dass im kranialen Bereich der Brustwirbelsäule noch Kreiselbewegungen um die Längsachse und an den letzten Brust- und an den Lendenwirbeln fast ausschließlich eine dorsoventrale Auf- und Durchbiegung (Kyphose und Lordose) möglich sind (NICKEL et al., 2004). Die Gelenkflächen an den kranialen Fortsätzen zeigen dabei medial, die an den kaudalen lateral. An der Schwanzwurzel sind die Gelenkkapseln wieder weiter und lassen so eine größere Beweglichkeit zu (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Zusätzlich besteht an der ganzen Wirbelsäule die Möglichkeit der Seitwärtsbewegung (Skoliose), die zwischen den einzelnen Wirbeln zwar nur gering ist, insgesamt jedoch erheblich sein kann. Die Verbindung des letzten Lendenwirbels mit dem Kreuzbein erfolgt durch das **Lenden-Kreuzbeingelenk, Articulatio lumbosacralis**, welches einerseits aus dem Discus intervertebralis zwischen den

beiden Wirbelkörpern und andererseits aus den Artt. processuum articularium besteht. Diesen Gelenken, die wie jene zwischen den Lendenwirbeln ausgebildet sind, wird das **Lig. iliolumbale** funktionell zugeordnet (NICKEL et al., 2004). Dieses Band spannt sich als Platte zwischen dem Proc. transversus des letzten Lendenwirbels und der Crista iliaca des Beckens auf (SCHALLER et al., 2007). Im Bereich der Kreuzwirbelsäule sind die einzelnen Wirbel, unter Verknöcherung der Zwischenwirbelscheiben und Verschmelzung ihrer Bögen und Dornfortsatzwurzeln sowie ihrer rudimentären Gelenk- und Zitzenfortsätze, zum einheitlichen Kreuzbein starr miteinander verbunden. Dies begünstigt, genau wie die geringe Beweglichkeit der letzten Brust- und der Lendenwirbel, die Übertragung des Bewegungsimpulses von der Beckengliedmaße auf den Körper. Das Kreuzbein ist mit dem ersten Schwanzwirbel beweglich und die Schwanzwirbel untereinander sehr beweglich verbunden. Zwischen den gewölbten Endflächen der Wirbelkörper befinden sich hier verhältnismäßig dicke Disci intervertebrales und im Schwanzwurzelbereich sind Artt. processuum articularium ausgebildet (NICKEL et al., 2004).

Die Bänder der Wirbelsäule

Um die Wirbel stabil untereinander zu verbinden ist ein umfangreicher Bandapparat ausgebildet (SALOMON, 2008b). Bei den Bändern der Wirbelsäule unterscheidet man kurze Bänder, die benachbarte Wirbel miteinander verbinden, und lange Bänder, die an mehreren Wirbeln inserieren und so mehr oder weniger große Abschnitte der Wirbelsäule verbinden (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004).

Die kurzen Bänder der Wirbelsäule

Zu den **kurzen Bändern** der Wirbelsäule gehören die Zwischenbogen-, die Zwischendornen- und die Zwischenquerbänder (NICKEL et al., 2004).

Die **Zwischenbogenbänder, Lig. flava**, verbinden als gelbe, elastische Platten die Bögen benachbarter Wirbel (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) und bedecken somit die Spatia interarcualia (BUDRAS und REESE, 2012; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Lateral verschmelzen sie mit den Gelenkkapseln, die die Gelenkfortsätze umschließen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Diese Bänder wirken dem Gewicht des Körpers und der Rumpfmuskulatur entgegen und entlasten somit die Rückenmuskulatur (LIEBICH und KÖNIG, 2009).

Die **Zwischendornenbänder, Ligg. interspinalia**, überbrücken die Räume zwischen den Dornfortsätzen und werden im Brust- und Lendenbereich von Muskelfasern ersetzt (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Laut Evans et al. bestehen sie aus lateral komprimierten, sich kreuzenden Gewebesträngen, die von den Muskelfasern der Mm. interspinales durchsetzt sind. Die stärksten Fasern der Zwischendornenbänder verlaufen fast senkrecht und einige ihrer Fasern strahlen dorsal in das Lig. supraspinale ein (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Die Bänder verhindern eine Dorsalverschiebung der Wirbelkörper und sie begrenzen die Ventralflexion (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Laut Salomon (2008b) und Budras et al. (2012) sind diese Bänder beim Hund nicht ausgebildet.

Die **Zwischenquerbänder, Ligg. intertransversaria**, verlaufen zwischen den Querfortsätzen der Lendenwirbel (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) und sind in keinem anderen Wirbelsäulenabschnitt ausgebildet (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Sie werden bei Seitenneigungen und den im geringen Maße durchführbaren Drehungen der Lendenwirbel gespannt (LIEBICH und KÖNIG, 2009).

Die langen Bänder der Wirbelsäule

Zu den **langen Bändern** der Wirbelsäule gehören das dorsale und das ventrale Längsband, das Nackenband und das Rückenband (NICKEL et al., 2004).

Das **dorsale Längsband, Lig. longitudinale dorsale**, befindet sich im Wirbelkanal auf der dorsalen Fläche der Wirbelkörper (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Es heftet sich hier an der Bandleiste sowie den Zwischenwirbelscheiben an und reicht vom Zahn des Axis (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004) bis zu den ersten Schwanzwirbeln (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004). Das in der Mitte der Wirbelkörper dünn ausgebildete Band verbreitert sich an den Zwischenwirbelscheiben (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a).

Das **ventrale Längsband, Lig. longitudinale ventrale**, verbindet sich mit der Ventralfläche der Wirbelkörper (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) und den Zwischenwirbelscheiben und verläuft vom (7.) 8. (9.) Brustwirbel bis zum Kreuzbein (BUDRAS und REESE, 2012; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Laut Evans et al. (2013a) lässt es sich vom Axis bis

zum Os sacrum verfolgen, wobei es kaudal der Thoraxmitte am besten ausgebildet ist.

Das elastische **Nackenband, Lig. nuchae**, besteht beim Hund allein aus dem paarigen **Nackenstrang, Funiculus nuchae** (BUDRAS und REESE, 2012; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Es entspringt kaudal am Proc. spinosus des Axis und heftet sich ohne Verbindung mit den übrigen Halswirbeln aufzunehmen an den Dornfortsatz des ersten Brustwirbels (BUDRAS und REESE, 2012; EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004). Hier geht es in das **Rückenband, Lig. supraspinale**, über, welches an den freien Enden der Wirbeldornen befestigt ist und laut Nickel et al. (2004), Budras et al. (2012) und Liebich et al. (2009) bis zum dritten Kreuzwirbel, laut Evans et al. (2013a) bis zum dritten Schwanzwirbel reicht. Über den Dornfortsätzen des 2. bis 6. Brustwirbels verbreitert sich das Lig. supraspinale zur Widerristkappe (SALOMON, 2008b). In seinem kaudalen Abschnitt ist das Band sehnig ausgebildet (NICKEL et al., 2004). Die längs gerichteten, gelben, elastischen Fasern des Nackenbandes lassen sich über dieses hinaus im Rückenband bis zum 10. Brustwirbeldornfortsatz verfolgen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a).

Die Wirbelsäulenbänder können auch in Wirbelkörperbänder und Wirbelbogenbänder eingeteilt werden, wobei das Lig. longitudinale ventrale und das Lig. longitudinale dorsale zu den Wirbelkörperbändern und die restlichen zu den Wirbelbogenbändern gehören (SALOMON, 2008b).

Zum besseren Verständnis der Funktion der Wirbelsäule und ihrer Erkrankungen ist der Begriff **Bewegungssegment** eingeführt worden (SALOMON, 2008b). Zu einem Bewegungssegment gehören die einander benachbarten Abschnitte zweier Wirbelkörper, die Zwischenwirbelscheibe, die paarigen Wirbelbogengelenke, die Bänder (LIEBICH und KÖNIG, 2009; SALOMON, 2008b) und die Muskeln dieses Wirbelsäulenabschnitts sowie die Zwischenwirbellöcher und der Wirbelkanal mit ihrem jeweiligen Inhalt (SALOMON, 2008b).

2.3.1.2.3 Die Verbindungen der Rippen mit den Wirbeln

Die Rippen sind mit den Wirbeln in den **Rippen-Wirbelgelenken, Artt. costovertebrales**, verbunden. Diese lassen sich je in ein Rippenkopf- und ein Rippenhöckergelenk unterteilen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Im **Rippenkopfgelenk, Art. capitis costae**, artikulieren die beiden gewölbten Gelenkflächen des Rippenkopfes mit den Gelenkgruben zweier benachbarter Brustwirbel (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b) und zwar mit denen des vorzähligen und des gleichzähligen Wirbels (BUDRAS und REESE, 2012), bzw. im Fall der ersten Rippe mit den Gelenkgruben des letzten Hals- und des ersten Brustwirbels (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004). Die letzten zwei bis drei Rippen gehen lediglich mit der Fovea costalis cranialis des gleichzähligen Wirbelkörpers eine gelenkige Verbindung ein (BUDRAS und REESE, 2012). Die Crista capitis costae des Rippenkopfes liegt dabei der Zwischenwirbelscheibe gegenüber. Die **Capsula articularis** bildet entsprechend der Zweiteilung dieses Gelenks auch zwei getrennte Gelenkhöhlen aus (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b).

Im **Rippenhöckergelenk, Art. costotransversaria**, artikuliert die Facies articularis tuberculi costae des Rippenhöckers mit der Fovea costalis processus transversi des Querfortsatzes des gleichzähligen Brustwirbels (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Die einheitlich ausgebildete **Capsula articularis** verbindet sich an den letzten zwei (drei) Gelenken, wo die Gelenkflächen der Rippenköpfe und –höcker ebenso ineinander übergehen wie die entsprechenden Kontaktflächen der Wirbel, mit der kaudalen Rippenkopfgelenkkapsel (NICKEL et al., 2004).

Während das Rippenkopfgelenk einem **Kugelgelenk, Art. sphaeroidea**, entspricht, stellt das Rippenhöckergelenk ein **straffes Gelenk, Amphiarthrosis***, dar. Die Bewegung erfolgt in beiden Gelenken gemeinsam und es fungiert somit als funktionelles **Wechselgelenk**, das der Erweiterung und der Verengung des Brustkorbs dient (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Je näher die beiden Gelenke zusammen liegen, desto größer ist die Bewegungsfreiheit der Rippen. Das ist besonders bei den letzten Atmungsrippen der Fall (LIEBICH und KÖNIG, 2009; NICKEL et al., 2004).

Es sind mehrere Bänder zur Stabilisierung dieser beiden Gelenke ausgebildet. Das **Lig. tuberculi costae** verläuft zwischen dem Brustwirbelquerfortsatz und dem Rippenhöcker und verstärkt dorsal die Gelenkkapsel (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a; NICKEL et al., 2004). Das **Lig. costotransversarium** spannt sich zwischen dem Querfortsatz bzw. der Wurzel des Wirbelbogens und der Dorsalfläche des

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Rippenhalses (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Es ist mit der Gelenkkapsel kranial eng verbunden (NICKEL et al., 2004). Zwischen der letzten Rippe und dem Querfortsatz des ersten Lendenwirbels ist das **Lig. lumbocostale** ausgebildet (SALOMON, 2008b). Das **Lig. capitis costae radiatum** setzt sich aus zwei Schenkeln zusammen. Der **kraniale** entspringt ventral am Körper des vorhergehenden, der **kaudale** am Körper des gleichzähligen Brustwirbels. Sie ziehen beide zusammen unter Verschmelzung mit der Ventralwand der Rippenkopfgelenkkapsel nach lateral an den Gelenkrand des Rippenkopfes (NICKEL et al., 2004). Liebich et al. (2009) und Budras et al. (2012) beschreiben lediglich die Kapselverstärkung als Lig. capitis costae radiatum. Das **Lig. capitis costae intraarticulare** entspringt an der Crista capitis costae des Rippenkopfes und befestigt diesen mit drei Schenkeln an der Wirbelsäule (NICKEL et al., 2004; SALOMON, 2008b). Der **kurze kraniale Schenkel** setzt an der Dorsalfläche des vorangegangenen Brustwirbels an, der **kurze kaudale Schenkel** an der des gleichzähligen Brustwirbels. Der **lange mittlere Schenkel, Lig. intercapitale**, setzt an der Zwischenwirbelscheibe an, wo er verdeckt vom Lig. longitudinale dorsale, median mit dem Schenkel der anderen Seite zusammentrifft (NICKEL et al., 2004). Das Band verbindet somit die Rippenköpfe beider Seiten und hält sie straff in ihren Rippenkopfgruben, um übermäßige Kranial- und Kaudalbewegungen zu verhindern (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Laut Liebich et al. (2009) besteht zwischen dem Lig. intercapitale und der Zwischenwirbelscheibe keine Verbindung, denn die beiden werden durch eine synoviale Bandscheide voneinander getrennt. Das Lig. longitudinale dorsale wird durch einen Schleimbeutel vom Lig. intercapitale getrennt (LIEBICH und KÖNIG, 2009). Laut Evans et al. (2013a) verbindet sich das Band dorsal allerdings bindegewebig mit dem Lig. longitudinale dorsale und den Rückenmarkshäuten. Zwischen den Ligg. intercapitalia des ersten Rippenpaars und den letzten beiden Rippenpaaren besteht keine Verbindung und das des elften Rippenpaares ist schwächer als die der anderen ausgebildet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013a). Laut Liebich et al. (2009) scheint es nur an den letzten Rippen und bei chondrodystrophen Hunden schwächer zu sein, was dazu führt, dass es hier schneller zu einem Bandscheibenvorfall kommen kann.

2.3.2 Das Muskelsystem

2.3.2.1 Die Faszien

Faszien, Fasciae oder Muskelbinden sind Hilfseinrichtungen der Muskeln, die sie passiv in ihrer Tätigkeit unterstützen (LIEBICH et al., 2009a; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Es sind straffe Bindegewebshäute von wechselnder Dicke und Festigkeit, die meist silbrig glänzen. Sie bestehen hauptsächlich aus kollagenen Faserbündeln, welche scherengitterartig, meist in einer schrägen Verlaufsrichtung zu den kontraktilen Fasern der Muskeln die sie bedecken, angeordnet sind. Es sind aber auch elastische Fasern enthalten, wodurch die Faszie, sollten diese überwiegen, eine gelbe Farbe annimmt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Faszien dienen den Muskeln zum Ansatz oder Ursprung und können auch bandartig verstärkt sein und so als Haltebänder für Sehnen, Retinacula tendinum*, fungieren. Sie umhüllen einzelne Muskeln oder Muskelportionen, tragen so zu ihrer Verschiebbarkeit bei und bieten den einzelnen Muskeln Halt und Führung bei ihrer Arbeit. Oft teilen sie sich aber auch in mehrere Blätter auf, von denen einzelne Lamellen als Septa intermuscularia* zwischen die Muskeln eindringen und sich mit dem Periosteum verbinden können (LIEBICH et al., 2009a; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die gesamte Körperoberfläche des Hundes wird von zwei Faszien umhüllt, der oberflächlichen und der tiefen Faszie, **Fascia superficialis*** und **Fascia profunda*** (LIEBICH et al., 2009a; SALOMON, 2008a; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zusammen werden sie als **Fascia externa*** bezeichnet (HERMANSON, 2013). Die tiefe Faszie ist von beiden die kräftigere (LIEBICH et al., 2009a; SALOMON, 2008a). Die oberflächliche Faszie ist zarter gebaut und nicht überall eindeutig isolierbar, da sie stellenweise mit der darunterliegenden Faszie verschmilzt oder ins subkutane Bindegewebe überzugehen scheint (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). In sie sind die Hautmuskeln, Mm. cutanei eingelagert (LIEBICH et al., 2009a; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). An den Stellen, an denen mehrere Faszien oder Faszienblätter aufeinandertreffen bilden sie mit lockerem Bindegewebe ausgefüllte Spalten, die Spatia intermuscularia, in welche, wie am Hals, Eingeweide aber auch größere

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Gefäße und Nerven eingebettet sein können. In den Faszien selbst findet man relativ wenig Gefäße und Nerven (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die oberflächliche Faszie, Fascia superficialis*

Im Bereich des Rückens lässt sich die Fascia superficialis in die oberflächliche Hals-, Rumpf- und Schwanzfaszie einteilen.

Die **oberflächliche Halsfaszie, Fascia cervicalis superficialis**, ist stellenweise eng mit der Haut verbunden (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und kann laut Hermanson (2013) mit dieser zusammen in großen Falten abgehoben werden, da dorsal keinerlei Verbindungen zu tieferen Strukturen des Halses vorhanden sind. Laut Liebich et al. und Seiferle et al. setzt sie dorsal jedoch am Nackenband an (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und verbindet sich ventral durch einen medianen Bindegewebsstreifen mit der Faszie der anderen Seite (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die oberflächliche Halsfaszie umschließt den M. sphincter colli superficialis und das Platysma (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zusätzlich umhüllt sie die A. carotis communis und bildet somit die Karotisscheide (LIEBICH et al., 2009b). Ihr **oberflächliches Blatt** überzieht den M. brachiocephalicus sowie die Halsportion des M. trapezius. Stellenweise verschmilzt es mit dem **tiefen Blatt**, welches unter den Hautmuskeln des Halses sowie dem M. brachiocephalicus verläuft und überbrückt die V. jugularis, welche in der Drosselrinne liegt, um über den Halsteil des M. serratus ventralis und den M. splenius hinwegzuziehen, wo es mit dem oberflächlichen Blatt verschmilzt. Es verläuft zusätzlich unter dem Halsteil des M. trapezius hindurch bis zum Nackenband (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die oberflächliche Halsfaszie geht kaudal in die oberflächliche Schulter- und Rumpffaszie über (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Kranial tritt sie mit der Fascia parotidomasseterica* in Verbindung und heftet sich an die Endsehnen des M. brachiocephalicus, M. splenius und M. longus capitis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **oberflächliche Rumpffaszie, Fascia trunci superficialis***, verschmilzt beim Hund nicht wie bei anderen Haussäugetierarten mit den Dornfortsätzen oder der Linea alba, sondern zieht als dünne, verschiebbliche Bindegewebshaut von einer zur anderen Körperseite (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie umschließt den Rumpfhautmuskel, M. cutaneus trunci, und ist, wie auch die oberflächliche

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Halsfaszie, eng mit der Haut verbunden (BUDRAS und REESE, 2012; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die oberflächliche Rumpffaszie geht kranial in die oberflächliche Schulter- und Halsfaszie und kaudal in die oberflächliche Kruppenfaszie über (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Liebich et al. (2009b) strahlt sie im Rücken- und Lendengebiet in die Fascia thoracolumbalis ein. Außerdem steht sie auch mit den entsprechenden Faszienblättern der Gliedmaßen in direkter Verbindung (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zwischen oberflächlicher und tiefer Faszie ist bei gutem Ernährungszustand ein reiches Fettpolster, der Panniculus adiposus, eingelagert, worin eine äußerst gute passive und aktive Beweglichkeit der äußeren Haut in diesem Bereich resultiert (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **oberflächliche Schwanzfaszie, Fascia caudae superficialis***, ist nur schwach entwickelt und steht mit der Haut und auch der tiefen Schwanzfaszie in enger Verbindung (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie geht aus der oberflächlichen Kruppenfaszie kaudal hervor (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die tiefe Faszie, Fascia profunda*

Im Bereich des Rückens lässt sich die Fascia profunda in die tiefe Hals-, Rumpf- und Schwanzfaszie einteilen.

Die **tiefe Halsfaszie, Fascia cervicalis profunda***, besteht aus zwei Blättern. Ihr **oberflächliches Blatt** entspringt lateral am Atlasflügel, am unteren Rand des M. longus capitis und der Mm. scaleni (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Direkt nach seinem Ursprung zieht es in die Tiefe und umhüllt seitlich und ventral den Oesophagus und die Trachea (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese Abspaltung wird als **Lamina praetrachealis** bezeichnet (HERMANSON, 2013). Gemeinsam mit dem tiefen Blatt umscheidet es zusätzlich den Truncus vagosympathicus, den N. laryngeus recurrens und die A. carotis communis (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Kranial überzieht es den Kehlkopf und die Schilddrüse und endet am Zungenbein, am Felsenbein und in der Rachenfaszie. Dorsal entlässt das oberflächliche Blatt mehrere Lamellen zwischen die Nackenmuskeln und eine

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

weitere Lamelle, welche dorsal über die Mm. scaleni und die Halsportion des M. serratus ventralis und M. rhomboideus hinweg zum medianen Sehnenstreifen des Halses zieht. Kaudal setzt es am 1. Rippenpaar sowie dem Brustbein an und steht mit der tiefen Brustfaszie in Verbindung (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Das **tiefe Blatt** entsteht aus dem Epimysium* der Mm. intertransversarii und umhüllt als **Lamina praevertebralis** den M. longus colli und den M. longus capitis. Daraufhin verschmilzt es größtenteils mit dem Anteil des oberflächlichen Blattes, welches Luft- und Speiseröhre umschließt. Kaudal steht das tiefe Blatt zum einen mit den ersten Rippen und dem Manubrium sterni in Verbindung (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), zum anderen setzt es sich in die Fascia endothoracica der Brusthöhle fort (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **tiefe Rumpffaszie, Fascia trunci profunda***, ist an mehreren Stellen erheblich verstärkt. Dorsal bildet sie die sehr kräftige, meist perlmuttartig glänzende Fascia thoracolumbalis aus. Die **Rückenlendenbinde, Fascia thoracolumbalis**, besteht aus drei Blättern, zwischen denen für gewöhnlich reichlich Fett eingelagert ist (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie entspringt an den Enden der Dornfortsätze der Brust- und Lendenwirbel bzw. dem Lig. supraspinale, den ersten Kreuzwirbel-Dornfortsätzen, dem Tuber sacrale, der Crista iliaca und dem Tuber coxae (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Kaudal setzt sie sich zum Teil in die Fascia glutea fort und verschmilzt mit den Ursprungsaponeurosen des M. latissimus dorsi und M. serratus dorsalis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Ventral verschmilzt sie in der Linea alba mit der Faszie der anderen Seite (HERMANSON, 2013). Das **oberflächliche Blatt** ist zart und dient dem M. latissimus dorsi als Ursprung. Die **mittlere Hauptlamelle** spaltet sich ihrerseits nochmals in zwei Blätter. Das oberflächliche Blatt der mittleren Hauptlamelle bildet die Ursprungsaponeurose des M. serratus dorsalis und geht, kranial stärker werdend, in das oberflächliche Blatt der Fascia spinocostotransversalis* über (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Das tiefe Blatt der mittleren Hauptlamelle ist in der Lendengegend kräftiger ausgebildet und dient hier am Lateralrand der Lendenportion des M. iliocostalis den beiden schiefen Bauchmuskeln zum Ursprung. Es überzieht daraufhin als relativ dünne Bindegewebshaut die oberflächlichen Muskeln der ganzen ventralen Bauch- und Brustwand, wobei es sich auch an der Bildung des Außenblattes der Rektusscheide

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

und des äußeren Leistenringes beteiligt (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Das **tiefe Blatt** der Fascia thoracolumbalis ist kräftig und bildet die Eigenaponeurosen des M. longissimus und M. iliocostalis, indem von seiner Unterseite zahlreiche Fasern beider Muskeln entspringen. Zusätzlich entlässt es ein trennendes Septum intermusculare zwischen diese beiden Muskeln. Nachdem es die starke Lendenportion des M. iliocostalis umhüllt hat, inseriert es an den freien Enden der Lendenwirbelquerfortsätze und dient schließlich dem Querbauchmuskel zum Ursprung (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). In der Schultergegend isoliert sich aus der Unterfläche der Ursprungsaponeurose des M. latissimus dorsi eine kräftige, silbrig glänzende Faszie, die **Fascia spinocostotransversalis***. Sie entspringt zweiblättrig ab dem 4. Halswirbel am dorsalen Sehnenstreifen des Halses und an den Dornfortsatzenden der ersten acht bis zehn Brustwirbel. Kranial wird sie durch eine kaudoventral über den M. splenius verlaufende Linie scharf abgesetzt und bietet mit ihrem **oberflächlichen Blatt** dem M. serratus dorsalis cranialis Ursprung, der mit seinem vorderen Rand wesentlich zu ihrer kranialen Begrenzung beiträgt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Das **tiefe Blatt** ist zarter und dient dem M. splenius zum Ursprung (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Es überzieht die Mm. spinalis et semispinalis und den M. longissimus thoracis und tritt daraufhin zwischen diesem und dem M. iliocostalis, gemeinsam mit der lateralen Sehne des M. longissimus, an die entsprechenden Rippen. Zuletzt gibt das tiefe Blatt noch eine Lamelle ab, die zwischen den M. semispinalis capitis und den M. longissimus cervicis zieht und sich mit der Eigenfaszie der Mm. multifidi verbindet (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **tiefe Schwanzfaszie, Fascia caudae profunda***, geht kaudal aus der tiefen Kruppenfaszie hervor und steht mit der oberflächlichen Schwanzfaszie in enger Verbindung (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie ist besonders stark entwickelt und gibt mehrere Blätter an die Schwanzwirbel ab. Diese ziehen zwischen die einzelnen Muskelstränge der Schwanzmuskulatur und setzen sie so voneinander ab (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

2.3.2.2 Die Hautmuskulatur

Die **Hautmuskeln**, **Mm. cutanei**, bestehen aus quer gestreiften Muskelfasern (SALOMON, 2008b), die mit kleinsten Sehnen in die äußere Haut ziehen und sie somit bewegen (REESE, 2012). Durch ihren Tonus tragen sie zur Spannung der Haut bei (SALOMON, 2008b). Beim Hund sind die Hautmuskeln dünn ausgebildet und eng mit der äußeren Haut verbunden. Sie dehnen sich über größere Gebiete der Körperoberfläche aus und lassen sich ihren Gebieten entsprechend einteilen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Hautmuskeln des Halses

Zu der Hautmuskulatur des Halses zählen grundsätzlich der M. sphincter colli superficialis, das Platysma, der M. sphincter colli profundus und der M. cutaneus colli. Sie werden alle vom R. colli des N. facialis innerviert (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die ventrale Halspartie und der Kehlgang werden von der dünnen, locker gefügten Muskelplatte des **M. sphincter colli superficialis** umhüllt. Seine querverlaufenden, schmalen Muskelbänder reichen kaudal bis knapp vor das Manubrium sterni und kranial bis in den Kehlgang hinein (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Von hier aus strahlen die einzelnen Bündel, ohne miteinander zusammenzuhängen in die Parotis- und Massetergegend ein (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie ziehen, über das Schultergelenk hinweg oder unmittelbar vor ihm nackenwärts und überkreuzen dabei zum Teil den ventralen Rand des Platysma (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. sphincter colli superficialis ist ein Spanner und Beweger der seitlichen und ventralen Halshaut (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und ein Spanner der Kehlgangsfaszie (LIEBICH et al., 2009b).

Das **Platysma** ist eine gut entwickelte Muskelplatte, die dorsolateral die ganze Nackengegend überzieht (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Es nimmt seinen Ursprung mit einer oberflächlichen und einer tiefen Schicht dorsal am Hals und zieht mit einem schrägen, kopfwärts konvergierenden Faserverlauf bis zum Mundwinkel. Die oberflächliche Schicht entspringt aus der Nackenhaut, die tiefe Schicht aus einem medianen Sehnenstreifen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Das Platysma ist damit ein Spanner und Beweger der Haut in der Nacken- und Massetergegend (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Hermanson (2013) wird es nicht vom R. colli des N. facialis sondern von seinen

Rr. buccales und dem R. auricularis caudalis* innerviert. Reese (2012) bezeichnet den innervierenden Ast als R. platysmatis* der aus dem N. auricularis caudalis des N. facialis stammt.

Der **M. sphincter colli profundus** verläuft mit seinen flachen, quer verlaufenden Muskelsträngen vom kranialen Halsabschnitt bis zur Spitze des Gesichtes (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und zieht unter dem Platysma bzw. dem M. cutaneus faciei auf die Seitenfläche von Hals und Kopf. Der M. sphincter colli profundus ist ein Spanner der oberflächlichen Faszie in der Kehlkopf- und Kehlgangsgegend (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **Halshautmuskel, M. cutaneus colli**, fehlt dem Fleischfresser (Nickel, Liebich, Salomon).

Hautmuskeln des Rumpfes

Der **Rumpf- oder Bauchhautmuskel, M. cutaneus trunci**, ist der größte Hautmuskel des Körpers (SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er geht in der Flankengegend fleischig aus der oberflächlichen Oberschenkelfaszie hervor und beteiligt sich hier an der Bildung der Kniefalte. Mit vorwiegend horizontalem, kopfwärts konvergierendem Faserverlauf zieht er über die gesamte seitliche und einen Großteil der ventralen Bauch- und Brustwand. Diese ausgedehnte Muskelplatte kann sich dorsal bis in die oberflächliche Kruppenfaszie fortsetzen. Häufig ist hier ein selbständiges, breites Muskelband in die oberflächliche Kruppen- und Lendenfaszie eingefügt, dessen Fasern parallel entlang der Wirbeldornen verlaufen und mit der Hauptplatte des M. cutaneus trunci nicht oder erst hinter dem Widerrist in Verbindung stehen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese dorsalen Fasern des M. cutaneus trunci gehen keine Verbindung mit den Dornfortsätzen ein, sondern verschmelzen mit Fasern der anderen Seite, was unmittelbar hinter dem Schulterblatt am deutlichsten zu erkennen ist (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Kranial endet der Rumpfhautmuskel in der Widerristgegend (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Seine ventral verlaufenden Fasern bedecken hier den hinteren Teil des M. trapezius und M. infraspinatus sowie den ganzen M. latissimus dorsi, mit welchem sie zusammen an der medialen Oberarmfaszie ansetzen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Ventral verlaufen die Muskelplatten beider Seiten konvergierend zur

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Schaukelknorpelgegend, wo sie miteinander verschmelzen. Von hier aus ziehen beim Rüden die **Vorhautmuskeln, Mm. praeputiales**, und bei der Hündin die **Mm. supramammarii** als Abspaltungen des Bauchhautmuskels kaudal (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zwischen dem M. cutaneus trunci und der Skelettmuskulatur ist für gewöhnlich reichlich Fett eingelagert. Der Rumpfhautmuskel ist der wichtigste Spanner und Beweger der Haut am Rumpf, der durch seine Stärke und Ausdehnung auch zur Straffung der gesamten oberflächlichen Rumpffaszie beitragen kann (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert wird er vom N. thoracicus lateralis (REESE, 2012; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), dessen Äste bei muskelfaserparalleler Verlaufsrichtung in der Ventralhälfte des Bauchhautmuskels sichtbar sind (REESE, 2012). Er kontrahiert sich bei positiver Testung des Pannikulusreflexes (SALOMON, 2008b).

Der **Schulterhautmuskel, M. cutaneus omobrachialis**, ist beim Hund nicht ausgebildet (LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

2.3.2.3 Die Stammesmuskulatur

Zum Stamm des Körpers gehören der Hals, der Rumpf und der Schwanz. Die Muskeln des Stammes, Mm. trunci, lassen sich nach systematisch-topographischen oder funktionellen Gesichtspunkten einteilen, wobei verschiedene Muskeln dann mal zu der einen und mal zu der anderen Muskelgruppierung gerechnet werden (SALOMON, 2008b). Die Muskeln erfahren jedoch auch durch die verschiedenen Autoren unterschiedliche Ein- und Zuordnungen.

So werden die Muskeln des Hundes von Hermanson (2013) topographisch in insgesamt acht Muskelgruppen eingeteilt, von denen folgende zu den Stammesmuskeln gezählt werden können: die Muskeln des Halses (Mm. colli), die Muskeln des Rückens (Mm. dorsi), die Muskeln der Brustwand (Mm. thoracis), die Muskeln der Bauchwand (Mm. abdominis) und die Muskeln des Schwanzes (Mm. caudae). Hermanson hält sich dabei größtenteils an die Gliederung der Muskeln in der NAV 2012. Die Muskeln der Halswirbelsäule, welche mit dem Schädel in Verbindung stehen werden von ihm im Kapitel Muskeln des Kopfes (Mm. capitis) abgehandelt und auch die meistens zur Vordergliedmaße gezählte Schultergürtelmuskulatur findet sich bei der Hals- und den Rückenmuskulatur wieder.

So gehören zur Einteilung der Halsmuskulatur der *M. omotransversarius* und der *M. sternocleidomastoideus* mit seinen beiden Anteilen (*M. sternocephalicus* und *M. brachiocephalicus*). Den Rückenmuskeln werden der *M. trapezius*, der *M. rhomboideus*, der *M. latissimus dorsi* und die *Mm. serrati dorsales* zugerechnet (HERMANSON, 2013).

Auch Liebich et al. (2009b) nimmt eine ähnliche systematisch-topographische Einteilung der Muskeln des Stammes vor. Er unterteilt sie in fünf Gruppen: 1. die Muskeln des Halses, *Mm. colli*, 2. die Muskeln des Rückens, *Mm. dorsi*, 3. die Muskeln der Brustwand, *Mm. thoracis*, 4. die Muskeln der Bauchwand, *Mm. abdominis* und 5. die Muskeln des Schwanzes, *Mm. caudae*. Zu den Rückenmuskeln werden dabei sämtliche Muskeln gezählt, die der Hals- Brust- und Lendenwirbelsäule außen anliegen. Sie werden in eine oberflächliche Muskelgruppe (*M. trapezius*, *M. sternocleidomastoideus*, *M. omotransversarius*, *M. latissimus dorsi*, *Mm. pectorales superficiales*, *Mm. serrati dorsales*) und eine tiefe Muskelgruppe (die besonderen Bewegungen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule) unterteilt. Die besonderen Bewegungen des Kopfes zählt Liebich et al. zu den Muskeln des Kopfes, sagt aber, dass man sie auch zu den Stammesmuskeln rechnen kann, da sie funktionell eine Verlängerung der Halsmuskulatur in Richtung Kopf darstellen (LIEBICH et al., 2009b).

Seiferle et al. (2004) unterteilt die Muskeln des Stammes in sechs funktionelle Hauptgruppen: 1. die besonderen Bewegungen des Kopfes, 2. die besonderen Bewegungen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule, 3. die langen Zungenbeinmuskeln an der Ventralfläche der Luftröhre, 4. die Atmungsmuskeln, 5. die Bauchmuskeln und 6. die Schwanzmuskeln.

Salomon (2008b) unterteilt sie in besondere Bewegungen des Kopfes, die Muskeln der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule, die Muskeln am Hals (ventral der Luftröhre), die Muskeln der Brust- und Bauchwand und die Schwanzmuskeln.

Die, vor allem von Liebich et al. und Hermanson, teilweise zur Hals- und Rückenmuskulatur gezählte Schultergürtelmuskulatur soll hier nur der Vollständigkeit halber mit erwähnt werden, da sie in dem entsprechenden Lernprogramm zur Vordergliedmaße ausführlich behandelt wird.

Des Weiteren wird für die Muskeln des Stammes, die den Rücken und damit die Bewegung der Wirbelsäule des Hundes betreffen, folgende Einteilung übernommen:

1. die besonderen Bewegungen des Kopfes, 2. die Muskeln der Hals- Brust- und Lendenwirbelsäule und 3. die Schwanzmuskeln.

2.3.2.3.1 Die besonderen Bewegungen des Kopfes

Die besonderen Bewegungen des Kopfes stellen die muskulöse Verbindung zwischen Kopf und Stamm her (SALOMON, 2008b) und verkehren zwischen den vorderen Halswirbeln und dem Hinterhauptsbein (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), wobei sie speziell für die Bewegung des Atlanto- und Atlantoaxialgelenks zuständig sind (LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie dienen der Feinabstimmung von Richtungsänderungen und ermöglichen vor allem die Nick- und Schüttelbewegungen, die Schiefstellungen und Drehungen und das ruckartige Hochwerfen des Kopfes (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zu ihnen gehören der M. rectus capitis dorsalis major, der M. rectus capitis dorsalis minor, der M. obliquus capitis cranialis, der M. obliquus capitis caudalis, der M. rectus capitis lateralis, der M. rectus capitis ventralis und der M. longus capitis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **große gerade Kopfmuskel, M. rectus capitis dorsalis major**, besteht aus zwei Portionen, die sich gut voneinander trennen lassen. Die **oberflächliche Portion** entspringt am Hinterende des Dornfortsatzes des Axis, die **tiefe Portion**, welche auch als **M. rectus capitis dorsalis intermedius*** bezeichnet wird, an dessen Vorderende (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Beide zusammen bilden einen kräftigen Muskel, der über den Atlas hinweg zur Squama occipitalis zieht und dabei vom M. semispinalis capitis bedeckt wird (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er setzt, medial von der dorsalen Portion des M. obliquus capitis cranialis bis zur Crista nuchae hinauf, an der Hinterhauptsschuppe an. Die Muskeln beider Seiten liegen unmittelbar nebeneinander (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und werden jeweils vom R. dorsalis des 1. Halsnerven innerviert. Der M. rectus capitis dorsalis major ist ein Strecker des Atlanto- und Atlantoaxialgelenks und damit ein Heber des Kopfes (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **kleine gerade Kopfmuskel, M. rectus capitis dorsalis minor**, liegt unter dem M. rectus capitis dorsalis major der Membrana atlantooccipitalis direkt auf

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

(LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er entspringt am Vorderende des Arcus dorsalis atlantis und setzt als kurzer, platter Muskel über dem For. magnum am Hinterhauptsbein an (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er kann zum Teil mit dem M. rectus capitis dorsalis major verschmelzen und wird wie dieser auch vom R. dorsalis des 1. Halsnerven innerviert (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. rectus capitis dorsalis minor ist ebenfalls ein Strecker des Atlanto- und Zervikalgelenks und damit ein Heber des Kopfes (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **vordere schiefe Kopfmuskel, M. obliquus capitis cranialis**, besteht aus zwei Portionen und verläuft mit einem kraniomedialen Faserverlauf zwischen Atlas und Hinterhauptsbein (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Seine tiefer liegende **Hauptportion** entspringt lateral an der Unterfläche sowie am Seitenrand des Atlasflügels, zieht über den Proc. paracondylaris hinweg und inseriert am Proc. mastoideus des Os temporale und entlang der Crista nuchae. Die oberflächliche **Nebenportion** entspringt als platter Muskelbauch lateral am Vorderende des Atlasflügels, zieht über die Ansatzstelle des M. obliquus capitis caudalis am Atlas und setzt aponeurotisch zwischen der Hauptportion und dem M. rectus capitis dorsalis major an der Crista nuchae an (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er wird dabei von den Aponeurosen des M. splenius capitis und M. brachiocephalicus bedeckt. Innerviert wird er vom R. dorsalis des 1. Halsnerven. Der M. obliquus capitis cranialis streckt das Kopfgelenk und stellt bei einseitiger Kontraktion den Kopf schief (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **hintere schiefe Kopfmuskel, M. obliquus capitis caudalis**, liegt dorsal den beiden ersten Halswirbeln auf und ist die bedeutend stärkere kraniale Fortsetzung des Multifidussystems. Er entspringt an der gesamten Länge des Axiskammes sowie am kaudalen Gelenkfortsatz und zieht mit kraniolateralem Faserverlauf über die Kapsel des Atlantoaxialgelenks zum lateralen Rand des Atlasflügels, an dem er bis zur Incisura alaris ansetzt (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). An seinem Ursprung wird er vom M. semispinalis capitis und M. splenius, an seinem Ansatz vom M. obliquus capitis cranialis bedeckt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert wird er vom R. dorsalis des 2. Halsnerven (BUDRAS und REESE, 2012; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Hermanson (2013) innervieren sowohl der R. dorsalis des 2. als auch der des

1. Halsnervens diesen Muskel. Der *M. obliquus capitis caudalis* ist ein Fixator des Atlantoaxialgelenks und dreht bei einseitiger Kontraktion den Atlas und damit den Kopf um den Zahn des Axis (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **seitliche gerade Kopfmuskel, *M. rectus capitis lateralis***, liegt als schwaches Muskelband lateral des *M. rectus capitis ventralis* in der Atlasflügelgrube. Er entspringt auf der Unterseite des Atlasflügels auf dessen kaudaler Hälfte und zieht mit sagittalem Faserverlauf zur Basis des Proc. paracondylaris (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert wird er vom R. ventralis des 1. Halsnervens (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist ein Beuger des Atlantookzipitalgelenks und ein Schiefsteller des Kopfes (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **ventrale gerade Kopfmuskel, *M. rectus capitis ventralis***, ist etwas kräftiger als der *M. rectus capitis lateralis* ausgebildet (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er entspringt lateral des Tuberculum ventrale am Arcus ventralis des Atlas und zieht, mit dem Muskel der anderen Seite konvergierend, zum Basiokzipitale (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), wo er kaudal des *M. longus capitis* zwischen dem Tuberculum musculare und der Bulla tympanica ansetzt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der *M. rectus capitis ventralis* wird vom R. ventralis des 1. Halsnervens innerviert und ist ein Beuger des Atlantookzipitalgelenks (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **lange Kopfmuskel, *M. longus capitis***, der von Seiferle et al. (2004) auch als **langer Kopfbeuger** bezeichnet wird, ist die Fortsetzung des *M. longus colli* auf das Kopfgebiet (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist ein relativ kräftiger Muskelstrang, der vom 6. bis zum 2. Halswirbel ventral und medial an den kaudalen Ästen der Querfortsätze entspringt. Er zieht, den *M. longus colli* außen umfassend, ventrolateral an der Halswirbelsäule entlang kopfwärts und inseriert am Tuberculum musculare des Basiokzipitale (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Auf Höhe des Axis erhält er von diesem einen stark sehnigen Anteil, welcher lateral des muskulösen Anteils am Tuberculum musculare ansetzt (HERMANSON, 2013). Innerviert wird er von den Rami ventrales des 1. - 6. Halsnervens. Der *M. longus capitis* ist ein kräftiger Beuger des Atlantookzipitalgelenks und ein Niederzieher des Kopfes. Bei einseitiger Kontraktion

biegt er den vorderen Halsabschnitt zur Seite (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Gemeinsame Funktion der besonderen Kopfbeweger

Die Hauptaufgabe der besonderen Bewegungen des Kopfes liegt in subtilen Stellungsänderungen des Kopfes über Bewegungen im Atlantookzipital- bzw. Atlantoaxialgelenk. Sie ermöglichen vor allem die Nick- und Schüttelbewegungen, das ruckartige Hochwerfen sowie Schiefstellungen und Drehungen des Kopfes. Diese sind für die eigene Körperpflege (Belecken und Beknabbern des Fells), die Kommunikation mit den Artgenossen (sowohl freundlich als auch feindlich) oder auch die kämpferische Auseinandersetzung mit Feinden notwendig (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die gröberen Bewegungen des Kopfes, wie sie während der Lokomotion und zur Gleichgewichtserhaltung, zur Nahrungsaufnahme und im Kampf benötigt werden, werden durch die Hals- und Halskopfmuskulatur bewerkstelligt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

2.3.2.3.2 Die Muskeln der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule

Die Muskeln der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule werden von Seiferle et al. (2004) und Liebich et al. (2009b) auch als „die besonderen Bewegungen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule“ bezeichnet. Sie werden in die Muskeln der Achsenzonen (epaxiale Muskelgruppe (SALOMON, 2008b)), welche dorsal der Querfortsätze liegen, und in die Muskeln der Seitenzone (hypaxiale Muskelgruppe (SALOMON, 2008b)), welche ventral der Querfortsätze liegen, unterteilt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **Muskeln der Achsenzonen**, welche alle von den Dorsalästen der Spinalnerven innerviert werden, gehören nach funktionellen Gesichtspunkten zu den **Aufrichtern, Seitwärtsbiegern, und Drehern der Hals-, Brust- oder Lendenwirbelsäule** (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie werden in lange und kurze Hals- und Rückenmuskeln unterteilt (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Von HERMANSON (2013), wie auch der NAV (2012) erfahren sie eine andere Einteilung: sie werden in den M. erector spinae (unter diesem Begriff werden der M. iliocostalis, der M. longissimus und der M. spinalis zusammengefasst), den M. transversospinalis (unter diesem Begriff werden der M. semispinalis, die

Mm. multifidi und die Mm. rotatores zusammengefasst), die Mm. interspinales und die Mm. intertransversarii unterteilt (HERMANSON, 2013; NAV, 2012). Da beim Hund der M. spinalis und der M. semispinalis jedoch zu einem M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis verwachsen sind und diese Einteilung ihn „auseinanderreißen“ würde, wird im Weiteren die Einteilung von Seiferle et al. (2004) und Liebich et al. (2009b) in **lange und kurze Hals- und Rückenmuskeln** verwendet.

Lange Hals- und Rückenmuskeln

Die **langen Hals- und Rückenmuskeln** erstrecken sich immer über eine größere Anzahl von Segmenten. Sie liegen den betreffenden Wirbelsäulenabschnitten in mehreren kulissenartig hintereinander gebetteten Schichten dorsolateral auf und werden in eine oberflächliche, eine mittlere und eine tiefe Schicht unterteilt. Zur oberflächlichen Schicht gehört der M. splenius, der mittleren gehören der M. iliocostalis und der M. longissimus an und die tiefe Schicht wird vom M. spinalis, dem M. semispinalis und den Mm. multifidi gebildet. Die mittlere Schicht wird auch als das laterale System und die tiefe Schicht als das mediale System der langen Hals- und Rückenmuskeln bezeichnet. Durch die größere Beweglichkeit der Wirbelsäule in den kranialen Abschnitten weisen die Muskeln hier eine stärkere Differenzierung auf (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Oberflächliche Schicht

Als **Riemenmuskel**, **M. splenius**, ist beim Hund lediglich der **M. splenius capitis** ausgebildet (LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er entspringt aus dem tiefen Blatt der Fascia spinocostotransversalis, an den Dornfortsatzenden der ersten drei bis vier Brustwirbel und am dorsalen, medianen Sehnenstreifen des Nackens, an welchem kranial immer neue Faserbündel ihren Ursprung nehmen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Liebich et al. (2009b) und Salomon (2008b) entspringt er aus der Fascia spinocostotransversalis, den ersten Brustwirbeldornfortsätzen und dem Lig. nuchae. Hermanson (2013) beschreibt vier Ursprungsgebiete: die Dornfortsatzenden des 1. und manchmal auch des 2. Brustwirbels, unmittelbar vor dem 1. Brustwirbel aus dem Lig. nuchae, aus dem medianen Sehnenstreifen des Halses bis zum ersten Halswirbel und zuletzt mit einer Aponeurose aus dem kranialen Ende der Fascia thoracolumbalis, welche sich kaudal bis zum fünften oder sechsten Brustwirbel erstreckt. Die Fasern des M. splenius

capitis haben eine kranioventrale Verlaufsrichtung und bedecken dabei den M. semispinalis capitis, den M. longissimus capitis und den Endabschnitt des M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis (HERMANSON, 2013). Der Muskel verläuft dorsolateral am Hals in Richtung Hinterhauptsbein und wird dabei größtenteils vom M. trapezius, dem M. rhomboideus und dem M. brachiocephalicus bedeckt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Auf seinem Weg gibt er bisweilen eine kräftige Zacke an den Querfortsatz des Axis ab und verbindet sich lateral des Atlas mit der Dorsalfläche des M. longissimus capitis (HERMANSON, 2013). Kranial des Atlas geht er in seine Aponeurose über und setzt an der Crista nuchae des Os occipitale und über die Endaponeurose des M. longissimus capitis zusätzlich am Proc. mastoideus des Schläfenbeins an (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. splenius capitis wird von den Dorsalästen der Halsnerven innerviert (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist ein Strecker des Halses und ein Aufrichter und Heber von Kopf und Hals. Bei einseitiger Kontraktion wirkt er als Seitwärtsbieger von Kopf und Hals (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und beteiligt sich an leichten Drehbewegungen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zusätzlich kann er den ersten Brustwirbel fixieren (HERMANSON, 2013).

Mittlere Schicht

Der **gemeinschaftliche Rippenmuskel, M. iliocostalis**, zieht als schmaler Muskel vom Darmbein und der Lendengegend über die Rippenwinkel hinweg bis zum letzten Halswirbel (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er liegt dem M. longissimus lateral an (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b) und wird dabei zum Großteil vom M. serratus dorsalis bedeckt. Seine Muskelfaserbündel weisen einen von kaudodorsal nach kranioventral gerichteten Faserverlauf auf und enden meist mit einer lateralen Endsehne. Der M. iliocostalis besitzt eine Lenden-, eine Brust- (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und laut Hermanson (2013) und Salomon (2008b) auch eine Halsportion. Die **Lendenportion, M. iliocostalis lumborum**, entspringt an der Innenfläche des Darmbeinflügels an der Crista iliaca und an einem kräftigen Faszienblatt (Bogorodskysche Zwischensehne), welches von der Innenfläche der Fascia thoracolumbalis kommt, zwischen den M. iliocostalis und den M. longissimus einstrahlt und so die beiden Muskeln in ihrem Ursprungsgebiet voneinander trennt. Aus seinem kräftigen Muskelbauch lassen sich seitlich größere Muskelzacken isolieren, die an den Enden des 7. bis 1. Lendenwirbelquerfortsatzes ansetzen.

Kranial verjüngt sich die Lendenportion und greift muskulös auf die Rippen über, wobei sie ständig schwächer werdende Muskelzacken an die 13., 12., 11., sowie laut Hermanson, die 10. Rippe abgibt (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Mit einer langen dünnen Sehne setzt sie, laut Hermanson (2013) nur gelegentlich, auch an der 9. Rippe an (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Brustportion, M. iliocostalis thoracis**, geht äußerlich ohne scharfe Abgrenzung aus der Lendenportion hervor (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie reicht von der 12. Rippe bis zum Querfortsatz des 7. Halswirbels. Der Muskel nimmt seinen Ursprung mit 10 Zacken am Vorderrand zwischen dem Wirbelende und dem Rippenwinkel der 12. bis 3. Rippe (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Mit kraniolateralem Faserverlauf strahlen die Bündel nach Überspringen einer Rippe aus der Tiefe in den gemeinsamen Muskelbauch ein (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Aus diesem isolieren sich 9 laterale Endzacken, welche in kranial immer stärker werdende, glänzende Endsehnen übergehen, die nach Überspringen mehrerer Interkostalräume an den Tuberositates m. iliocostalis der 8. bis 1. Rippe und am Proc. transversus des 7. Halswirbels inserieren (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der Muskelabschnitt der zum Querfortsatz des letzten Halswirbels zieht wird manchmal auch als **M. iliocostalis cervicis** bezeichnet (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b). Der M. iliocostalis ist ein Fixator der Lenden- und Brustpartie der Wirbelbrücke. Bei einseitiger Kontraktion beteiligt er sich an ihrer Seitwärtsbiegung und im Galopp und Sprung unterstützt er durch energisches Strecken der dorsal-konvex abgebogenen Lendenwirbelsäule den Mechanismus der Vorwärtsbewegung (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Bei der Atmung wirkt er als Expirator (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), indem er die Rippen kaudal zieht (HERMANSON, 2013). Er wird von den Dorsalästen der Nn. thoracici et lumbales innerviert (HERMANSON, 2013).

Der **lange Rücken-, Hals- und Kopfmuskel, M. longissimus**, zieht vom Kreuz- und Darmbein kommend über den ganzen Rücken und Nacken bis hin zum Hinterhauptsbein und ist damit der längste Muskel des ganzen Körpers (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die einzelnen Muskelanteile schichten sich kulissenartig von kaudal nach kranial so aufeinander, dass sich jeweils die kaudale Portion lateral an die nach vorne anschließende Portion anschmiegt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die ursprünglich segmentale Anlage lässt sich an den zahlreichen kranioventral und lateral gerichteten Muskelzacken erkennen, mit

denen er am Kreuz- und Darmbein sowie an den Dorn- und Zitzenfortsätzen der Lenden- und Brustwirbel entspringt und in gleicher Faserrichtung aus der Tiefe des Muskelkörpers hervorgehend, an den Zitzen- und Querfortsätzen sowie an den Tuberositates m. longissimi der Rippen inseriert (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Endzacken sind ventral in einer lateralen und einer medialen Reihe angeordnet (BOGORODSKY, 1930; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Je nach Lage und Ansatz lassen sich am M. longissimus folgende Portionen unterscheiden: M. longissimus lumborum, thoracis, cervicis, capitis und atlantis (LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der später beschriebene M. sacrocaudalis lateralis kann als kaudale Fortsetzung des M. longissimus auf den Schwanz angesehen werden (HERMANSON, 2013). Der M. longissimus lumborum geht kontinuierlich in den M. longissimus thoracis über (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie liegen zusammen, medial vom M. iliocostalis, auf den Lendenwirbelquerfortsätzen und den proximalen Enden der Rippen, und schmiegen sich medial an die Procc. spinosi der Lenden- und Brustwirbel (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der **M. longissimus lumborum** liegt, nur durch eine Fettschicht getrennt, direkt unter der Fascia thoracolumbalis (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und besitzt in seinem Ursprungsgebiet eine derbe Eigenaponeurose (SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Lendenportion besteht aus einzelnen Faserbündeln, welche dorsolateral an der Crista iliaca, der Innenseite des Darmbeinflügels und der Unterfläche der Eigenaponeurose sowie dorsomedial an den Dornfortsatzenden des 2. Kreuz- bis 13. (12.) Brustwirbels entspringen. Sie vereinigen sich zu einem großen Muskelkörper, der ventral zahlreiche Endzacken abgibt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die (5-) 7 medialen Endzacken überdecken die Wurzeln der Lendenwirbelquerfortsätze und enden mit sog. medialen Insertionssehnen an den Procc. accessorii des 6. – 1. Lendenwirbels. Der schmale, kaudale Anteil setzt fleischig am Wirbelbogen und am kaudalen Gelenkfortsatz des 7. Lendenwirbels, sowie der Zwischenwirbelscheibe des Lenden-Kreuzbein-Gelenks an. Zusätzlich werden noch weiter dorsal gelegene, mediale Endsehnen an die Procc. articulares craniales des 7., 6. und 5. Lendenwirbels abgegeben (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die ventralen Endzacken des **M. longissimus thoracis** befestigen sich mit breiten Sehnenblättern an den hinteren Rippenrändern. Diese Sehnenplatten werden durch einen Ast des R. dorsalis der entsprechenden

Brustnerven durchbohrt und so in einen medialen und einen lateralen Schenkel geteilt. Der mediale Schenkel inseriert am Proc. accessorius bzw. wenn dieser nicht ausgebildet ist am Proc. transversus des 13. bis 6. (4.) Brustwirbels, der laterale Schenkel setzt zwischen dem M. iliocostalis und dem Tuberculum costae an der Tuberositas m. longissimi der 13. bis 6. Rippe an. Ab dem 6. Brustwirbel wird der Muskelbauch so schmal, dass seine Sehnen einen einheitlichen Charakter annehmen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie gehen aus den nun sichtbar werdenden lateralen Endzacken hervor und ziehen zur Basis des Tuberculum costae der 5. bis 1. Rippe, wo sie ansetzen. Die letzte Endzacke inseriert am Querfortsatz des 7. (6.) Halswirbels. Zwischen ihr und der vorletzten Endzacke schiebt sich eine Zacke des M. longissimus cervicis hindurch, mit deren oberflächlichen Sehnen spiegeln die kranialen Endsehnen des M. longissimus thoracis zum Teil verschmelzen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der **M. longissimus cervicis** bildet eine dreieckige, aus vier unvollständigen Zacken bestehende Muskelplatte, welche die Hals-Brust-Krümmung der Wirbelsäule dorsal überbrückt (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er entspringt am Querfortsatz des 6. bis 1. Brustwirbels sowie den kaudalen Gelenkfortsätzen des 7. bis 5. Halswirbels (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und inseriert an den Querfortsätzen des 6. bis 3. Halswirbels (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Jede Zacke besteht aus einem langen lateralen und mehreren medialen Paketen, wobei die jeweils kaudale Zacke die kranial anschließende zum Teil bedeckt (HERMANSON, 2013). Der nachfolgende M. longissimus capitis und der M. longissimus atlantis lassen sich nicht deutlich voneinander trennen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der **M. longissimus capitis** ist ein kräftiger, abgeplatteter Muskelstrang, der medial der vordersten Zacke des M. longissimus cervicis hervortritt und sich lateral den Randgebieten des M. semispinalis capitis anlegt. Er entspringt mit einzelnen Muskelfaserbündeln an den Querfortsätzen des 3. bis 1. Brustwirbels sowie an den kaudalen Gelenkfortsätzen des 7. bis 3. (4.) Halswirbels und zieht, kranial schmaler werdend, dorsolateral über den Atlas hinweg zum Kopf. Er inseriert mit einer kräftigen Sehne, welche sich mit der Endsehne des M. splenius capitis verbindet, am Proc. mastoideus des Schläfenbeins (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der nur bei etwa 20% der Hunde vorkommende, ventrolateral liegende **M. longissimus atlantis** weist die gleichen Ursprungsgebiete wie der dorsolateral liegende M. longissimus capitis auf, endet aber am Atlasflügel (BOGORODSKY, 1930; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Innerviert wird der *M. longissimus* je nach Abschnitt durch die Dorsaläste der Lumbal-, Thorakal oder Zervikalnerven (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b). Der *M. longissimus* ist ein Feststeller und Strecker der Wirbelsäule, insbesondere des Rückens (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Dadurch wird die Tragfähigkeit der Wirbelbrücke aktiv erhöht und eine solide Basis für die Schwungphase der Gliedmaßen bei Vor- und Rückwärtsbewegungen geschaffen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Bei beidseitiger Kontraktion ermöglicht er bei fixierten Hintergliedmaßen ein Aufrichten auf die Hinterläufe, bei fixierten Vordergliedmaßen ein Durchbiegen des Rückens und damit ein Strecken der Hintergliedmaße nach kaudal (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zusätzlich beteiligt er sich als kräftiger Strecker des dorsal-konvex gebogenen Rückens im Galopp wesentlich an der Lokomotion (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Des Weiteren wirkt er als Heber des Halses und des Kopfes. Bei einseitiger Kontraktion biegt er die Wirbelsäule, insbesondere den Hals seitwärts und dreht den Kopf im Atlantoaxialgelenk (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Tiefe Schicht

Der **Dornmuskel, *M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis****, setzt sich aus dem ausschließlich zwischen den Dornfortsätzen verlaufenden ***M. spinalis*** und dem mit ihm verschmolzenen, von den Quer- und Zitzenfortsätzen zu den Dornfortsätzen ziehenden ***M. semispinalis*** zusammen. Da sich der Rückenteil des Muskels bis in das Halsgebiet erstreckt und die Halsportion schon im Rückengebiet beginnt wird die ganze, zwischen dem *M. longissimus* und den *Mm. multifidi* liegende Muskelmasse als funktionelle Einheit aufgefasst und deshalb als *M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis* bezeichnet. Der Gesamtmuskel reicht vom Dornfortsatz des 3. Lendenwirbels bis zum Kamm des Axis und lässt sich undeutlich in einen lateralen (*M. spinalis et semispinalis thoracis*) und einen medialen (*M. spinalis cervicis*) Strang unterteilen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der **Lateralstrang** entspringt, ab dem Dorn des 3. Lendenwirbels, zum größten Teil aus der Eigenaponeurose des *M. longissimus thoracis* sowie von den kranial folgenden Dornfortsätzen (spinale Anteile) und den Zitzenfortsätzen der ersten zwei Lenden- und ein bis zwei letzten Brustwirbel (semispinale Anteile). Vom 11. bis zum 7. Brustwirbel erscheint der

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Muskel unsegmentiert, gibt aber bereits ab dem 9. Brustwirbel kleine Endsehnen an die Procc. spinosi ab. Kranial lassen sich acht Einzelbündel unterscheiden, die mit immer deutlicher werdenden Endsehen, in kraniodorsalem Verlauf, an den Dornfortsatzenden des 6. Brust- bis 6. Halswirbels ansetzen. Die Sehnen zu den Halswirbeln sind besonders kräftig ausgebildet und enden mit einer Sehnenplatte, welche sich mit dem Sehnenspiegel des Medialstranges verbindet (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der **Medialstrang** liegt dorsomedial der kranialen Endzacken des Lateralstranges, dessen Sehnen ihn teils schräg überkreuzen. Er entspringt am Lig. supraspinale sowie den Dornfortsatzenden des 6. bis 2. Brustwirbels und erhält Verstärkungen von den Endsehnen des Lateralstranges bevor er zunächst am Hinterrand des 1. Brustwirbeldorns ansetzt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Kranial setzt er sich als einheitlicher, platter Muskelstrang fort, der von vier sehnigen Inskriptionen gekennzeichnet ist und seinen Ursprung an der Vorderkante des 1. Brustwirbeldorns, an der vordersten Brustzacke des Lateralstranges und am Dorn des 7. Halswirbels nimmt. Er verläuft ventral des Nackenstrangs und findet an den Dornfortsätzen des 5. bis 2. Halswirbels Ansatz. Der M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis wird durch den jeweiligen R. medialis der Rr. dorsales der Thorakal- und Zervikalnerven innerviert (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist ein Feststeller und Strecker des Rückens und ein Heber des Halses (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Bei einseitiger Kontraktion wirkt er als Seitwärtsbieger des Rückens und des Halses (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und als Synergist des M. longissimus (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **durchflochtene Muskel, M. semispinalis capitis**, verbindet Kopf und Hals mit der Widerrist- und Rückengegend, überdeckt lateral das Vorderende des M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und wird selbst lateral vom M. longissimus und dem M. splenius bedeckt (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er besteht aus zwei völlig selbständigen Muskeln: dem dorsalen M. biventer cervicis und dem sich ventral anschließenden M. complexus, welche sich mit den entsprechenden Muskeln der Gegenseite berühren und den Nackenstrang zwischen sich liegen haben (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der **M. biventer cervicis** entspringt mit 3 kräftigen Zacken sehnig an den Querfortsätzen des 4. bis 2. Brustwirbels (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) sowie fleischig an den sehnigen Einlagerungen der Mm. multifidi dieser Gegend, an der Fascia

spinocostotransversalis und im Nackengebiet am medianen Sehnenstreifen. Er verläuft als kräftige Muskelplatte, die durch vier bis fünf sehnige Inskriptionen gekennzeichnet ist lateral des Nackenstrangs zur Squama occipitalis, wo er ventral der Protuberantia occipitalis externa ansetzt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der **M. complexus** nimmt seinen Ursprung von den kaudalen Gelenkfortsätzen des 1. Brust- bis 3. Halswirbels und verläuft als völlig unsegmentierter Muskelstrang mit einer längsverlaufenden Faserrichtung bis zur Crista nuchae, an der er mit einer aus einem kräftigen Sehnenspiegel hervorgehenden Sehne lateral ansetzt (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die beiden Muskeln werden von Dorsalästen der Nn. cervicales innerviert (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b). Der M. semispinalis capitis ist ein Aufrichter von Hals und Kopf (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), dem vor allem beim Tragen von Lasten im Fang eine große aktive Bedeutung zukommt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Bei einseitiger Kontraktion wirkt er als Seitwärtsbieger von Hals und Kopf (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **vielästigen Muskeln, Mm. multifidi**, stellen die tiefste Schicht der langen Hals- und Rückenmuskeln dar (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). An ihnen ist die ursprüngliche Segmentierung der Achsenzonemuskulatur noch am deutlichsten zu erkennen. Sie setzen sich aus zahlreichen Einzelzacken zusammen, die von den Gelenk- und Zitzenfortsätzen und im Brustbereich auch von den Querfortsätzen zu den Dornfortsätzen bzw. Wirbelbögen der vorausgehenden Wirbel ziehen (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die NAV (2012) beschreibt laterale, mediale und profunde Mm. multifidi. Da sich diese Einteilung jedoch in keinem der Standardanatomiebücher wiederfindet, soll sie hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Die Mm. multifidi erstrecken sich vom Kreuzbein bis zum 2. Halswirbel (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und finden im M. obliquus capitis caudalis und dem M. obliquus capitis cranialis ihre Fortsetzung auf das Kopfgebiet und im M. sacrocaudalis dorsalis medialis ihre Verlängerung in den Schwanzbereich (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Mm. multifidi lassen sich in eine Lenden-, eine Brust- und eine Halsportion unterteilen (BUDRAS et al., 2012b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Lendenportion** besteht aus (zehn bis) elf kräftigen Muskelbündeln, die am Zitzenfortsatz des 1. Schwanzwirbels, an den Rudimenten der Gelenkfortsätze des Kreuzbeins und den

Zitzenfortsätzen des 7. Lenden- bis 12. Brustwirbels entspringen und in einem schrägen Faserverlauf unter Überspringung von mindestens zwei Segmenten bis zu den Dornfortsatzenden des 6. Lenden- bis (8./) 9. (/10.) Brustwirbels ziehen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Brustportion** setzt sich aus neun sehr gut isolierten Einzelzacken zusammen, die an den Zitzen- und Querfortsätzen des 11. bis 3. Brustwirbels entspringen und in einem etwas steileren Faserverlauf, unter Überspringung von zwei Segmenten, zu den Procc. spinosi des 8. Brust- bis 7. Halswirbels ziehen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; STIMPEL, 1934), wo sie kranial immer mehr gegen die Basis des Dornfortsatzes inserieren (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Halsportion** wird vom M. semispinalis capitis bedeckt, tritt jedoch unter dem Ventralrand des M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis hervor. Sie besteht aus sechs, nicht vollständig trennbaren Einzelportionen, die sich ihrerseits wieder aus lateralen Haupt- sowie medialen Nebenzacken zusammensetzen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Hauptzacken entspringen an den kaudalen Gelenkfortsätzen des 1. und am Wirbelbogen des 2. Brustwirbels sowie an den Procc. articulares caudales des 7. bis 3. Halswirbels und inserieren, miteinander verschmolzen, kaudal am Kamm des Axis. Die Nebenzacken verlaufen zwischen den kaudalen Gelenkfortsätzen bzw. den Wirbelbögen und den Dornfortsätzen der vorausgehenden Wirbel (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Mm. multifidi werden durch die jeweiligen Medialäste der Rr. dorsales der Lumbal-, Thorakal- und Zervikalnerven innerviert. Sie wirken zusammen mit den übrigen langen Hals- und Rückenmuskeln als Feststeller der Wirbelsäule (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie sind vor allem für die Bewegung der einzelnen Segmente gegeneinander zuständig. Im Lendenteil wirken sie als Durchbieger und im Brustteil als Dreher der Wirbelsäule. Im Halsteil fungieren sie als Aufrichter und Seitwärtsbieger (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Kurze Hals- und Rückenmuskeln

Die im Vergleich zu den langen Hals- und Rückenmuskeln viel schwächeren **kurzen Hals- und Rückenmuskeln** können als tiefe intersegmentale Abspaltungen des M. longissimus, M. spinalis und der Mm. multifidi aufgefasst werden (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zu ihnen gehören die Mm. intertransversarii, die Mm. interspinales und die Mm. rotatores (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **Zwischenquerfortsatzmuskeln**, **Mm. intertransversarii**, werden als Abkömmlinge des M. longissimus angesehen. Es sind kleine, nicht immer gut isolierte Muskelbündel (SEIFERLE und FREWEIN, 2004), die zwischen den Querfortsätzen oder zwischen den Quer- und Gelenkfortsätzen bzw. den Zitzen- und Hilfsfortsätzen verlaufen (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie werden je nach Lage in **Mm. intertransversarii caudae** (werden bei der Schwanzmuskulatur genauer behandelt), **Mm. intertransversarii lumborum**, **Mm. intertransversarii thoracis** und **Mm. intertransversarii cervicis** unterteilt. Sie verkehren zwischen den Zitzen- und Hilfsfortsätzen des 7. Lenden- bis 9. Brustwirbels sowie zwischen den Querfortsätzen des 12. bis 4. Brustwirbels, wobei sie ein bis höchstens drei Segmente überspringen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Im Halsbereich, wo sie am stärksten entwickelt sind, lassen sich drei übereinanderliegende Muskelzüge unterscheiden (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Mm. intertransversarii dorsales cervicis**, liegen zwischen den Insertionsstellen des M. longissimus cervicis, des M. longissimus capitis und des M. semispinalis capitis. Sie bestehen aus fünf undeutlich isolierbaren Muskelbündeln, die in kraniolateraler Richtung vom kranialen Gelenkfortsatz des 1. Brust- und 7. bis 4. Halswirbels zum Kaudalast des Querfortsatzes des 6. bis 2. Halswirbels ziehen. Kranial setzen sie sich in Form einer zwei- bis dreiteiligen Muskelpyramide fort, die vom kranialen Gelenkfortsatz des 3. und 2. Halswirbels zum Kaudalrand des Atlasflügels zieht (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Mm. intertransversarii medii cervicis** liegen ventral der Insertionsstelle des M. serratus ventralis cervicis und dorsal der des M. scalenus und werden zum Teil von diesen beiden Muskeln bedeckt (HERMANSON, 2013). Sie verlaufen als fünf bis sechs deutlich trennbare, dünne Einzelbündel zwischen den Querfortsätzen des 1. Brust- bis 2. Halswirbels sowie dem Rand des Atlasflügels. Die tiefen Fasern laufen dabei von Segment zu Segment, wobei die oberflächlichen je ein Segment überspringen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Mm. intertransversarii ventrales cervicis** bilden einen recht einheitlichen Strang, welcher ventral des kranialen Endes des M. scalenus medius (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und dorsal des M. longus capitis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004) bzw. M. longus colli (HERMANSON, 2013) liegt. Er zieht vom Ventralrand der Lamina ventralis des 6. Halswirbels in drei Endzacken zum Kaudalast des Querfortsatzes des 4. bis 2. Halswirbels (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert

werden die Mm. intertransversarii durch die Dorsal- und Ventraläste der entsprechenden Segmentalnerven (SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie sind Feststeller und Seitwärtsbieger der Wirbelsäule, insbesondere der Hals- und Lendenwirbelsäule (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die rein muskulösen **Zwischendornmuskeln, Mm. interspinales**, gelten als Abkömmlinge des M. spinalis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie verlaufen zwischen zwei benachbarten Dornfortsätzen und sind im Lenden-, Brust- und Halsgebiet zu finden. Die **Lendenportion** wird von den Mm. multifidi vollständig bedeckt (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Brustportion**, welche kranial immer breiter wird, tritt medial des M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis in Erscheinung, da sich die Insertionsstellen der Mm. multifidi thoracis kranial immer mehr gegen die Dornfortsatzbasis hin verlagern (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Halsportion** lässt sich vom 1. Brust- bis zum 5. Halswirbel nachweisen. Innerviert werden sie durch die Medialäste der Rr. dorsales der entsprechenden Spinalnerven (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die Mm. interspinales sind Feststeller der Wirbelsäule (BUDRAS et al., 2012b; HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und wirken speziell als Durchbieger der Brust- und Lendenwirbelsäule (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **Dreher, Mm. rotatores**, werden als Abkömmlinge der Mm. multifidi angesehen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004; STIMPEL, 1934). Sie treten nur dort auf, wo die Form und die Lage der Gelenkflächen Drehbewegungen der Wirbelsäule gestatten, was im vorderen Brustwirbelsäulenbereich der Fall ist. Der Hund besitzt acht lange und neun kurze Dreher (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), die zwischen den Quer- und den Dornfortsätzen der Brustwirbel verlaufen, wobei die Einzelzacken der **langen Dreher** je ein Segment überspringen (SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die hinterste Muskelzacke verläuft zwischen dem Proc. transversus des 10. und dem Proc. spinosus des 8., die vorderste zwischen den entsprechenden Fortsätzen des 3. und 1. Brustwirbels. Diese Muskelfasern verlaufen steiler als die der Mm. multifidi, von welchen sie größtenteils bedeckt werden. Die meist sehnigen **kurzen Dreher** liegen dagegen noch tiefer. Ihre kaudalste Zacke verläuft zwischen dem Querfortsatz des 10. und der Dornfortsatzbasis des 9., ihre vorderste zwischen den entsprechenden Fortsätzen des 2. und 1. Brustwirbels. Innerviert werden die Mm. rotatores durch die Medialäste

der Rr. dorsales der entsprechenden Thorakalnerven (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie sind Feststeller der Wirbelsäule (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und vermögen bei einseitiger Kontraktion die vordere Brustwirbelsäule um die Längsachse zu drehen (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Zu den **Muskeln der Seitenzone**, welche alle von den Ventralästen der Spinalnerven innerviert werden, gehören nach funktionellen Gesichtspunkten die **Abwärtsbieger der Halswirbelsäule**. Hierzu werden der M. longus colli und die Mm. scaleni gezählt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **Halsbeuger, M. longus colli**, liegt der Ventralseite der Wirbelkörper der Brust- und Halswirbelsäule an und lässt sich somit in eine Brust- und eine Halsportion unterteilen (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er setzt sich aus kräftigen V-förmigen Muskelpaaren zusammen, die mit ihren median konvergierenden Schenkeln im Brustteil kaudal und im Halsteil kranial orientiert sind (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Brustportion** besteht aus drei unvollständig getrennten Muskelbäuchen, welche median an der gewölbten Ventralfläche der 6 ersten Brustwirbelkörper entspringen und, kopfwärts divergierend, am Ventralrand der Lamina ventralis des 6. Halswirbels enden (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zwischen den Endschenkeln des 3. Muskelpaares entspringt ein viertes, welches mit sagittalem Faserverlauf vom Kaudalende des 7. und 6. Halswirbels zur Crista ventralis des 5. Halswirbels zieht (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die **Halsportion** setzt sich aus vier etwas schwächeren Muskelpaaren zusammen, die an den Ventralflächen der Querfortsätze des 6. bis 3. Halswirbels entspringen und zur Crista ventralis des jeweils vorangegangenen Wirbels ziehen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Das kranialste dieser Muskelpaare inseriert mit seiner kranial gerichteten Spitze am Tuberculum ventrale des Atlas (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Im Halsbereich wird er lateral von den Mm. scaleni und dem M. longus capitis begrenzt (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Ventral liegen dem M. longus colli die Luft- und Speiseröhre mit den sie begleitenden Gefäßen und Nerven auf (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. longus colli wird von den jeweiligen Nn. cervicales oder Nn. thoracici I-VI innerviert (HERMANSON, 2013). Laut Seiferle

et al. (2004) wird seine Brustportion allein vom Ventralast des 7. Halsnerven innerviert. Der *M. longus colli* ist ein Beuger und ein Niederzieher des Halses (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **Rippenhalter, *Mm. scaleni***, setzen sich aus zwei Muskeln zusammen, die zwischen den Querfortsätzen der letzten Halswirbel und den kranialen Rippen ausgespannt sind. Der ***M. scalenus medius*** entspringt mit drei undeutlich getrennten Zacken an der proximalen Hälfte des Vorderrandes der 1. Rippe. Die oberflächliche Zacke zieht zum Kaudalast des Proc. transversus des 5., 4. (3.) Halswirbels, die beiden tiefer liegenden setzen am Querfortsatz des 7. und der Lamina ventralis des 6. Halswirbels an (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Hermanson (2013) beschreibt den ventralen Anteil des *M. scalenus medius* als ***M. scalenus ventralis***, der aber laut allen anderen Autoren beim Hund nicht ausgebildet ist (BUDRAS und REESE, 2012; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der ***M. scalenus dorsalis*** setzt sich aus zwei bis drei gut isolierbaren Muskelbändern zusammen. Das dorsale entspringt unter der entsprechenden Zacke des *M. serratus ventralis* an der 3., oft auch zusammen mit dem mittleren an der 4. Rippe. Das ventrale entspringt mit einer dünnen Sehnenplatte unter dem Ursprungsgebiet des *M. obliquus externus abdominis* an der 8. oder 9. Rippe. Die Muskelbänder verlaufen kranial konvergierend und setzen zusammen am kaudalen Ast des 5., 4. (3.) Halswirbelquerfortsatzes an (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert werden sie von den Rr. ventrales der letzten vier Hals- und der ersten zwei Brustnerven. Die *Mm. scaleni* sind Beuger und Niederzieher des Halses (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie können bei fixiertem Hals auch als Hilfsinspiratoren fungieren. Bei einseitiger Kontraktion wirken sie als Seitwärtsbieger des Halses (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Als kontraktionsfähige ventrale Verspannung der vorderen Brückenkonsole spielen sie bei der Statik eine wichtige Rolle (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Zahl der Abwärtsbieger der Wirbelsäule ist damit klein und im Wesentlichen auf das Halsgebiet beschränkt. Im mittleren Brustbereich ist die Wirbelsäule frei von Muskulatur. Zwar kommen an der Unterseite der hinteren Brust- und der ganzen Lendenwirbelsäule kräftige Muskelportionen vor, die ein dorsal-konvexes Abbiegen der Lendenpartie und damit des Rückens ermöglichen. Da sie ihren Ansatz aber entweder am Becken oder am Oberschenkelbein haben werden sie zur Beckengürtelmuskulatur gezählt und mit dieser im entsprechenden Lernprogramm

zur Hintergliedmaße ausführlich behandelt. Außer den Muskeln, welche direkt ventral der Wirbelsäule liegen, beteiligen sich auch noch einzelne Schultergürtelmuskeln sowie die Bauchmuskeln am Abbiegen der Wirbelsäule (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese Muskeln werden, wie oben bereits erwähnt, in den entsprechenden Lernprogrammen zur Vorder- bzw. Hintergliedmaße umfassend abgehandelt.

Gemeinsame Funktion der besonderen Bewegungen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule

Dadurch, dass die besonderen Bewegungen der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule als kurze Muskeln, von Segment zu Segment, nur zwischen wenigen Wirbeln verkehren oder sich als lange Muskeln über größere Wirbelsäulenabschnitte erstrecken und mit kurzen Muskel- oder Sehnenzacken immer wieder mit den einzelnen Wirbeln in Verbindung treten, fassen sie die gesamte Wirbelsäule des Hals- und Rückengebietes zu einer funktionellen Einheit zusammen. Die Muskeln haben dabei zwei Aufgaben: zum einen sorgen sie für die Bewegung der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte und der Wirbel zueinander, zum anderen tragen sie, durch ihre sehnigen Anteile, neben den Zwischenwirbelscheiben und dem Bandapparat des Achsenskelettes, passiv zur Stabilität und der Tragfähigkeit der Wirbelsäule bei. Der Rumpf bildet, zusammen mit dem Hals, dem Kopf und dem Schwanz, eine in sich geschlossene und gefestigte Konstruktionseinheit. Die Brust- und Lendenwirbelsäule übernimmt dabei die Rolle der tragenden, durch ihr Eigengewicht und durch das der Eingeweide belasteten Brücke. Durch die Kontraktion der kräftig entwickelten Rücken- und Rumpfmuskulatur werden die Brust- und Lendenwirbel fester aufeinander gepresst und die an sich bewegliche Wirbelbrücke in einen soliden, tragfähigen, aber dennoch elastischen Bogen verwandelt, der imstande ist Zug-, Druck- und Schubkräfte auszuhalten. Durch die Verbindung der langen Rückenmuskeln mit dem Becken wird die Übertragung der von den Hintergliedmaßen ausgehenden Schubwirkung auf den Rücken und die Vordergliedmaßen begünstigt. Die Muskeln vermögen aber auch das Durch- und Seitwärtsbiegen der Wirbelsäule. Die Kyphose wird vor allem durch die Kontraktion der inneren Lenden- und der Bauchmuskulatur erreicht, während die dorsalen Rückenmuskeln entspannt sind (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Im Vergleich zu anderen Tierarten wird die Wirbelbrücke des Hundes viel weniger belastet, ist dafür aber umso beweglicher. So ist das Abbiegungsvermögen der Rückenpartie nach dorsal, ventral und lateral sowie die Rotationsfähigkeit, speziell

der vorderen Brustwirbelsäule, viel ausgeprägter, womit der Hund sehr viel wendiger und geschickter in seinen Bewegungen ist. Die Rückenmuskulatur arbeitet vor allem im Galopp und im Sprung aktiv mit, indem sie die Wirbelsäule beim Vorgreifen der Nachhand stark dorsal-konvex durchbiegt und nach dem Fußfassen durch kräftige Kontraktion der langen Rückenmuskeln (vorab der starken Lendenportion des *M. iliocostalis*) energisch streckt, um dann den Rumpf wie einen gespannten Bogen nach vorne schnellen zu lassen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Halswirbelsäule, als Bindeglied zwischen Rumpf und Kopf, ist bedeutend beweglicher als die Brust- und Lendenwirbelsäule. Mit Ausnahme von einigen kräftigen, langen Nackenmuskeln (*M. splenius*, *M. semispinalis capitis*) sind die besonderen Bewegungen des Halses deshalb auch feiner gegliedert und vorherrschend segmental angeordnet (*Mm. multifidi*, *Mm. intertransversarii cervicis*, *M. longus colli*). Sie ermöglichen, zusammen mit den besonderen Kopfbewegungen, vielfältige Bewegungen und Stellungsänderungen des Kopfes wie sie zur Nahrungsaufnahme, zum Kampf, zur Körperpflege oder zum Tragen von Lasten im Fang benötigt werden. Beim Heben, Senken und Seitwärtsbiegen des Halses werden sie von einzelnen Schultergürtelmuskeln unterstützt. Während der Lokomotion werden der Hals und der Kopf zusätzlich zur Steuerung der Bewegungsrichtung und zur Regulation des Gleichgewichts verwendet. Außerdem tragen die Nackenmuskeln zusammen mit dem Nackenband den Kopf. Indem die Halsmuskeln die Halswirbelsäule versteifen, dienen sie der Verspannung der verstellbaren vorderen Konsole der Wirbelbrücke. Durch Heben oder Senken des Halses und verschieden starke Kontraktionen können sie dem, je nach Belastung und Bewegungsbeschleunigung wechselnden, Horizontalschub am vorderen Brückenende den entsprechenden Gegendruck entgegensetzen. Durch die Versteifung des Halses wird auch die Arbeit der langen Rückenmuskeln in den schnelleren Gangarten begünstigt: indem sich fortschreitende Kontraktionswellen über den ganzen Rücken- und das Halsgebiet fortpflanzen, können die daran beteiligten Muskeln so abschnittsweise immer wieder feste Ansatzpunkte finden. Im Gegensatz zu den Aufrichtern der Halswirbelsäule sind die Abwärtsbieger sehr viel schwächer entwickelt. Das liegt daran, dass das Senken des Halses weitgehend passiv verläuft und sich daran noch weitere Muskeln des ventralen Halsgebietes beteiligen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

2.3.2.3.3 Die Muskeln des Schwanzes

Die Schwanzmuskulatur lässt sich aufgrund ihres Ursprungsortes in Wirbelsäulen-Schwanzmuskeln und Becken-Schwanzmuskeln unterteilen (SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Wirbelsäulen-Schwanzmuskeln

Die Wirbelsäulen-Schwanzmuskeln zeigen, wie auch die langen Hals- und Rückenmuskeln, eine segmentale Anordnung und lassen sich in Heber, Niederzieher und Seitwärtszieher des Schwanzes unterteilen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Heber des Schwanzes

Die dorsal der Schwanzwirbel liegenden Heber des Schwanzes reichen von den letzten Lendenwirbeln bis zu den mittleren und letzten Schwanzwirbeln. Zu ihnen gehören der M. sacrocaudalis [-coccygeus]¹ dorsalis medialis und der M. sacrocaudalis dorsalis lateralis (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **kurze Heber des Schwanzes, M. sacrocaudalis dorsalis medialis**, stellt die kaudale Fortsetzung des Multifidussystems auf den Schwanz dar (BUDRAS und REESE, 2012; HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; STIMPEL, 1934). Er verläuft vom 7. Lenden- bis zum letzten Schwanzwirbel (BUDRAS und REESE, 2012; HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), wobei er dem Kreuzbein und den Schwanzwirbeln beidseitig der Medianen dorsal aufliegt (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er besteht aus zahlreichen kurzen, gut isolierbaren Einzelsegmenten. Seine tiefen, kurzen Portionen ziehen vom Dornfortsatz des vorausgegangenen zum Zitzenfortsatz (bzw. dessen Rudiment) des nachfolgenden Wirbels (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die oberflächlichen längeren Portionen überspringen vier bis fünf Wirbel und enden ab dem 5. Schwanzwirbel jeweils mit einer zarten Sehne, gemeinsam mit der des M. sacrocaudalis dorsalis lateralis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Schwanzspitzenwärts werden die einzelnen Muskelsegmente zunehmend kürzer, schwächer und einheitlicher (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN,

¹ Der Begriff „caudalis“ im Sinne einer Bezeichnung von Strukturen, die „zum Schwanz gehören“, ist gleichbedeutend mit dem Wort „coccygeus“.

2004). Innerviert wird er von den Ästen des Plexus caudalis dorsalis (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b), welcher sich aus den Dorsalästen der Nn. caudales und des letzten Kreuznerven zusammensetzt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. sacrocaudalis dorsalis medialis ist ein Heber des Schwanzes (BUDRAS und REESE, 2012; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Hermanson (2013) bezeichnet ihn als Strecker der Rute. Bei einseitiger Kontraktion hilft er dabei den Schwanz seitlich aufwärts zu ziehen (SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **lange Heber des Schwanzes, M. sacrocaudalis dorsalis lateralis**, ist die kaudale Fortsetzung des M. longissimus auf das Schwanzgebiet (BUDRAS und REESE, 2012; HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; STIMPEL, 1934) und liegt lateral des M. sacrocaudalis dorsalis medialis. Er entspringt, zwischen den Lendenportionen des M. longissimus und der Mm. multifidi, fleischig an der Eigenaponeurose des M. longissimus und sehnig an den Zitzenfortsätzen des 2. bis 7. Lendenwirbels, an den Gelenkfortsätzen des Kreuzbeins sowie den Zitzenfortsatzrudimenten von mindestens den ersten acht Schwanzwirbeln (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die unscharf begrenzten Einzelpartien gehen, vom 2. Kreuz- bis etwa zum 14. Schwanzwirbel, in meist 16 zarte Sehnen über (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese lagern sich zu einem flachen Sehnenbündel zusammen (HERMANSON, 2013), indem sich die jeweils nachfolgende Sehne von lateral an die vorausgehende anlagert (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die in die tiefe Schwanzfaszie eingebetteten Sehnen inserieren, nachdem sie die Endsehnen des M. sacrocaudalis dorsalis medialis aufgenommen haben, an den Zitzenfortsatzenden oder dorsolateral am Vorderrand des 5. bis letzten Schwanzwirbels (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Laut Hermanson (2013) verbinden sich allerdings nur einige der Endsehnen mit denen des M. sacrocaudalis dorsalis medialis. Der M. sacrocaudalis dorsalis lateralis wird ebenfalls von den Ästen des Plexus caudalis dorsalis innerviert (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist ein Heber des Schwanzes (BUDRAS und REESE, 2012; HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und wird von Hermanson (2013) auch als dessen Strecker bezeichnet. Bei einseitiger Kontraktion zieht er den Schwanz seitlich aufwärts (SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Niederzieher des Schwanzes

Die ventral vom Kreuzbein kommenden Niederzieher des Schwanzes ziehen auf der Unterseite der Schwanzwirbelsäule bis zur Schwanzspitze. Zu ihnen gehören der M. sacrocaudalis ventralis medialis und der M. sacrocaudalis ventralis lateralis (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **kurze Niederzieher des Schwanzes, M. sacrocaudalis ventralis medialis**, erstreckt sich vom letzten Kreuzwirbel bis zur Schwanzspitze und liegt dabei der Unterseite der Schwanzwirbel direkt auf. In der Medianen bildet er zusammen mit dem Muskel der anderen Seite eine tiefe Rinne (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), in der die A. und V. caudalis mediana verlaufen (LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der kranial nur undeutlich segmentierte, kräftige Muskel entspringt mit Einzelbündeln an den Ventralflächen der Schwanzwirbel und läuft oberflächlich in zarten Sehnen aus, welche sich mit den lateral anschließenden Endsehnen des M. sacrocaudalis ventralis lateralis verbinden. Die gemeinsamen Sehnen setzen am übernächsten Haemalfortsatz oder dessen Rudiment an (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert wird er von den Ästen des Plexus caudalis ventralis (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b), welcher sich aus den Ventralästen der Nn. caudales und des letzten Kreuznerven zusammensetzt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. sacrocaudalis ventralis medialis ist ein Niederzieher des Schwanzes (LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Bei einseitiger Kontraktion hilft er dabei den Schwanz seitlich abwärts zu ziehen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **lange Niederzieher des Schwanzes, M. sacrocaudalis ventralis lateralis**, liegt lateral des M. sacrocaudalis ventralis medialis und ist in der Regel bedeutend stärker als dieser ausgeprägt (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er setzt sich aus zahlreichen Einzelbündeln zusammen, die an den Ventralflächen des letzten Lendenwirbelkörpers und des Kreuzbeins sowie der Unterseite und den Querfortsatzwurzeln des 1. bis 11. Schwanzwirbels entspringen und bis zur Schwanzspitze ziehen (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Aus dem Muskelkörper treten ab dem 3. Schwanzwirbel dünne, lange Sehnen hervor, die sich, eingebettet in die tiefe Schwanzfaszie (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), lateral nebeneinander legen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese Sehnen setzen, nachdem sie die zarten Endsehnen des M. sacrocaudalis ventralis medialis aufgenommen haben, am

kranialen Wirbelende (bzw. wenn vorhanden dem dort befindlichen Proc. haemalis (HERMANSON, 2013)) des 6. bis letzten Schwanzwirbels an (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der M. sacrocaudalis ventralis lateralis wird ebenfalls von den Ästen des Plexus caudalis ventralis innerviert (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Er ist ein Niederzieher des Schwanzes (LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004) und zieht ihn bei einseitiger Kontraktion seitlich abwärts (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Hermanson (2013) bezeichnet ihn als Beuger der Rute.

Die Seitwärtszieher des Schwanzes

Zwischen dem langen Heber und dem langen Niederzieher des Schwanzes befinden sich die Seitwärtszieher des Schwanzes, die aus segmental angeordneten Muskelbündeln bestehen, welche sich zwischen den Querfortsätzen der Schwanzwirbel aufspannen und deshalb als **Mm. intertransversarii caudae** bezeichnet werden (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zu ihnen gehören die Mm. intertransversarii dorsales und ventrales caudae (LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die zwischen dem Kreuzbein und der Schwanzmitte verlaufenden **Mm. intertransversarii dorsales caudae** setzen sich aus kurzen Einzelbündeln zusammen, die ihren Ursprung an den Ligg. sacroiliaca dorsalia sowie der Pars lateralis des 3. Kreuzwirbels nehmen. Sie bilden kranial einen kräftigen Muskelbauch, welcher mit einer langen Sehne am Querfortsatz des 5. (oder 6. (HERMANSON, 2013)) Schwanzwirbels endet. Auf ihrem Weg erhält die Sehne immer wieder Verstärkungsbündel, die an den Querfortsätzen der ersten Schwanzwirbel entspringen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Diese tiefen Portionen entwickeln sich allmählich zu selbständigen Muskelportionen, die dorsal zwischen zwei aufeinanderfolgenden Querfortsätzen bzw. Querfortsatzrudimenten verlaufen. Ab der Hälfte des Schwanzes werden diese aber so klein, dass sie kaum noch isoliert werden können (HERMANSON, 2013). Aus den oberflächlichen Anteilen der ersten größeren Einzelbündel isolieren sich zusätzlich noch zwei bis drei flache Sehnen, die mit der Schwanzfaszie und den Querfortsatzrudimenten des 6. bis 7. (8.) Schwanzwirbels in Verbindung treten (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die **Mm. intertransversarii ventrales caudae** besitzen einen deutlich segmentierten Muskelbauch, welcher ab dem 3. Schwanzwirbel auf den Ventralflächen der Querfortsätze liegt. Er lässt sich unter den Sehnen des M. sacrocaudalis ventralis lateral deutlich bis zur Schwanzspitze verfolgen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zwischen dem 3. und 5. Schwanzwirbel werden die Mm. intertransversarii dorsales und ventrales caudae durch den Ansatz des M. coccygeus getrennt (HERMANSON, 2013). Die Mm. intertransversarii caudae werden von den Dorsal- und Ventralästen der Nn. caudales und des letzten Kreuznerven innerviert (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die dorsal liegenden durch den Plexus caudalis dorsalis und die ventral liegenden durch den Plexus caudalis ventralis (SALOMON, 2008b). Laut Hermanson (2013) werden sie nur von den Ästen des Plexus caudalis ventralis innerviert. Sie wirken als Seitwärtszieher des Schwanzes (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Becken-Schwanzmuskeln

Die unsegmentierten Becken-Schwanzmuskeln entspringen am Becken und ziehen, zwischen den Hebern und Niederziehern des Schwanzes, an die Quer- und Haemalfortsätze der ersten Schwanzwirbel. Zu ihnen gehören der M. coccygeus und der M. levator ani, der sich wiederum aus dem M. iliocaudalis und dem M. pubocaudalis zusammensetzt (LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Sie stellen die Muskeln des Diaphragma pelvis dar (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b).

Der **lange Seitwärtszieher des Schwanzes, M. coccygeus**, entspringt sehnig an der Spina ischiadica und zieht medial des Lig. sacrotuberale als kräftige Muskelplatte, sich fächerförmig verbreiternd, zu den Querfortsätzen des 2. bis 5. Schwanzwirbels (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), wo er zwischen den Mm. intertransversarii caudae inseriert (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Innerviert wird er von den Ventralästen des 3. Kreuznerven (BUDRAS et al., 2012b; HERMANSON, 2013). Er ist ein Niederzieher und ein Anpresser des Schwanzes gegen den After und die Geschlechtsteile (sog. Einklemmen der Rute) (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Bei einseitiger Kontraktion wirkt er als Seitwärtszieher des

Schwanzes (BUDRAS et al., 2012b; HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Der **M. levator ani** entspringt medial an der Darmbeinsäule, an der Innenfläche des Schambeins und entlang der gesamten Beckensymphyse bis zum Arcus ischiadicus (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Seine beiden Anteile, der **M. iliocaudalis** und der **M. pubocaudalis** (HERMANSON, 2013; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004), strahlen schräg in diese Sehne ein (HERMANSON, 2013). Die Muskeln beider Seiten ziehen daraufhin als breite, dreieckige Muskelplatten zunächst lateral, biegen dann aber kaudodorsal gegen die Schwanzwurzel hin ab und umfassen so das fettreiche Bindegewebe des Diaphragma pelvis mit den darin eingebetteten Strukturen. Er liegt dabei anfangs dem M. obturatorius internus dorsal auf, schmiegt sich daraufhin von medial an den Hinterrand des M. coccygeus und setzt mit einer kräftigen Endsehne an der Schwanzfaszie und den Haemalfortsätzen des 4. bis 7. Schwanzwirbels an (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der N. obturatorius tritt zwischen dem M. iliocaudalis und dem M. pubocaudalis hindurch (HERMANSON, 2013; LIEBICH et al., 2009b; SALOMON, 2008b; SEIFERLE und FREWEIN, 2004); sie selbst werden aber durch die Ventraläste des 3. Kreuz- und 1. Schwanznerven innerviert (HERMANSON, 2013). Als Synergist des M. coccygeus ist der M. levator ani ein Niederzieher und Anpresser des Schwanzes gegen den After und die Geschlechtsteile. Bei einseitiger Kontraktion zieht er die Rute seitwärts und vor. Durch eine gleichzeitige Anspannung mit den Hebern des Schwanzes vermag er die Schwanzwurzel (zwischen dem 6. und dem 7. Schwanzwirbel (HERMANSON, 2013)) scharf abzuknicken, wie es die Hunde im Affekt oder bei der Defäkation zeigen (HERMANSON, 2013; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Zusätzlich kann er indirekt als Heber des Afters und Kompressor des Mastdarms wirken (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Gemeinsame Funktion der Schwanzmuskeln

Dank der reichlich gegliederten Bemuskelung des Schwanzes, die sich mit jedem einzelnen der sehr beweglichen Schwanzwirbel dorsal, seitlich und ventral in Verbindung setzt, kann er als Ganzes oder auch abschnittsweise gehoben, gesenkt, seitwärts bewegt oder in allerhand Zwischenstellungen getragen werden. Der Schwanz kann wie eine Art Balancierstange bei komplizierten Bewegungen wie Sprüngen oder beim Gehen auf schmalen Unterlagen verwendet werden. Außerdem

tragen die Schwanzmuskeln zur Festigung der Wirbelsäule bei und unterstützen dadurch die Rückenstrecker sowie die Kruppen- und Hinterbackenmuskeln in ihrer Wirkung. Letztlich wird der Schwanz vom Hund genutzt, um mit ihm, in arttypischer Haltung und Bewegung, verschiedenste Stimmungen und seelische Regungen zum Ausdruck zu bringen. Er besitzt dadurch gerade als Ausdrucksmittel der jeweiligen psychischen Verfassung in sozial- und sexualbiologischer Hinsicht größte Bedeutung (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

2.3.2.4 Statik und Dynamik

Die **Statik** befasst sich mit den Konstruktionsprinzipien zum Erhalt des Gleichgewichts der Einzelteile sowie des gesamten Tierkörpers in Ruhe und bei der Bewegung. Bei der **Dynamik** handelt es sich um die Bewegungsvorgänge wie z. B. bei der Lokomotion (MAIERL et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Da der Tierkörper nicht nur der Bewegung dient, sondern auch die Körperlast trägt und das Gleichgewicht erhält, werden seine Bauelemente sowohl statisch als auch dynamisch beansprucht (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Zum besseren Verständnis wird die Rumpfkonstruktion im Allgemeinen anhand einer Brücke erklärt. Dies ist jedoch nur der Versuch die anatomischen Besonderheiten verständlicher zu machen und keinesfalls ein echter Vergleich, da man ein lebendes Tier nur schwer einer technischen Konstruktion gleichsetzen kann (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Brücke, die der Rumpfkonstruktion dabei am nächsten kommt, ist die **parabolische Bogensehnenbrücke** (SLIJPER, 1946). Bei ihr ruht die belastete Fahrbahn, die sich auch mit einer zugfesten Sehne eines elastischen Bogens vergleichen lässt, nicht auf Pfeilern, sondern ist an ihren Enden zwischen einem, sich über sie wölbenden, Bogen gespannt und gleichzeitig durch vertikale Verbindungen an ihm aufgehängt. Der Brückenbogen ist dabei aus druckfestem Material oder, im Sinne eines elastischen Systems, ein zwar druckfester, aber elastischer Bogen, der die zugfeste Sehne spannt. Bei Belastung des Bogens wirken sich die anfallenden Druck- und Schubkräfte gegen die Enden des Bogens hin aus und werden hier nun nicht von Pfeilern, sondern von der zwischen den Enden ausgespannten Fahrbahn bzw. Sehne aufgenommen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Im Tierkörper zeichnet sich dieses Brückensystem nicht nur durch seine Tragfähigkeit, sondern vor allem auch durch seine Elastizität und Beweglichkeit aus

(SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der tragende **Brückenbogen** wird dabei von der Brust- und Lendenwirbelsäule, dem Becken und ihren Muskeln und Bändern gebildet (SEIFERLE und FREWEIN, 2004; SLIJPER, 1946), die sowohl tragende als auch bewegende Funktionen haben (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Der dorsal-konvex gekrümmte *Bogen* erhält seine Elastizität durch die Zwischenwirbelscheiben, die Ligg. interspinalia, die Ligg. flava und das Lig. supraspinale, vor allem aber durch den Tonus der langen und kurzen Rückenmuskeln (MAIERL et al., 2009; SEIFERLE und FREWEIN, 2004; SLIJPER, 1946). Laut Seiferle et al. (2004) und Slijper (1946) beteiligt sich auch das Lig. nuchae daran. An dem Bogen kann man einen, aus den Wirbelkörpern und den Zwischenwirbelscheiben bestehenden, druckfesten **Untergurt** und einen, aus den gelenkig miteinander verbundenen Wirbelbögen, den Dornfortsätzen, den Zwischendornbändern, den Rückenmuskeln und dem Rückenband bestehenden, **Obergurt** unterscheiden. Der Obergurt stellt ein kompliziertes Spannungssystem dar, das dem *Bogen* seine Elastizität verleiht, ihn in der Bewegung aber auch kraftvoll strecken kann. Die Dornfortsätze besitzen dabei keine statischen Eigenschaften, sondern dienen als Hebelarme für die an ihnen inserierenden Muskeln. Bei dorsal-konvexer Krümmung des Brückenbogens werden die Bänder und Muskeln des Obergurtes gespannt und die Dornfortsätze weichen auseinander, während der zentripetale Druck im Untergurt zunimmt und die Wirbelkörper zusammengepresst werden (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Enden des *Bogens* werden durch das Sternum, die Linea alba und die Bauchmuskeln (v.a. M. rectus abdominis) miteinander verbunden. Sie bilden zusammen die zugfeste **Sehne**, die durch die Rippen, den Quer- und die beiden schiefen Bauchmuskeln am druckfesten Bogen aufgehängt ist (SEIFERLE und FREWEIN, 2004; SLIJPER, 1946). Die *Sehne* besitzt somit nicht die Gestalt eines straff gespannten, gerade gestreckten Stranges, sondern eher die Form einer, im Thoraxbereich, teilweise versteiften, an den Brückenenden und dem gesamten Bogen aufgehängten Hängematte, die den größten Teil der inneren Organe aufnimmt und begrenzt. Der kreuzende Faserverlauf der einzelnen Muskelschichten trägt dabei wesentlich zur inneren Verspannung bei. Im Bereich des Bauches wird die Hängematte von der Linea alba, den Bauchmuskeln sowie ihren Aponeurosen gebildet und ist hier dehnbar und kontraktionsfähig. Im Brustbereich besteht sie aus dem Brustbein, den Rippen und der Interkostalmuskulatur und besitzt somit eine bedeutend solidere Basis. Der vordere Teil der Brückenkonstruktion erfährt durch die vermehrt vertikal gestellten Tragrippen eine beträchtliche Verstärkung, während die

beweglicheren Atmungsrippen, neben ihrer Tragefunktion, primär als Hebelarme für die Atmungsmuskulatur dienen. Kaudal steht die *Sehne* mit dem Becken in direkter Verbindung, welches durch das straffe Iliosakralgelenk fest mit der Wirbelsäule verbunden ist und somit den *Brückenbogen* ergänzt. Kranial kann der Zug der *Sehne* vom Manubrium sterni nur indirekt über die Verbindung mit dem 1. Rippenpaar auf den Wirbelbogen übertragen werden (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Dies ist aus statischer Sicht unvorteilhaft, muss aber zu Gunsten der Brustorgane in Kauf genommen werden. Kompensiert wird dieser Nachteil durch die Kürze des 1. Rippenpaares, ihre relativ unbewegliche Fixation und ihre Verspannung an der Halswirbelsäule durch die Mm. scaleni (SEIFERLE und FREWEIN, 2004; SLIJPER, 1946).

Durch den Druck der Brust- und Baueingeweide auf die *Sehne* übt diese Zug auf die Enden des *Wirbelbogens* aus, was eine Beugung des *Bogens* bewirken würde und welchem die Eigenelastizität des *Bogens* (SEIFERLE und FREWEIN, 2004; SLIJPER, 1946) sowie unter Umständen der aktive Zug der Rückenstecker entgegenwirken. Das Lig. nuchae, das Lig. supraspinale, die Ligg. interspinalia, die Ursprungssehnen des M. longissimus und M. spinalis sowie die übrigen Rückenmuskeln schützen dabei zusätzlich vor zu starkem Aufkrümmen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Die hängemattenartige Aufhängung der *Sehne* am *Bogen* überträgt aber auch einen Teil des Eingeweidegewichtes direkt auf die Körperachse, was sich in einer Streckung des *Bogens* äußern würde und was wiederum durch den Widerstand der *Sehne* verhindert wird. Das Lig. longitudinale ventrale schützt zusätzlich vor Überstreckung (SEIFERLE und FREWEIN, 2004; SLIJPER, 1946). Somit werden die Spannungs-, Zug- und Druckkräfte ausbalanciert und wirken sich nicht auf die Gliedmaßen aus (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Da die Bogensehnenbrücke des Rumpfes keine starre Konstruktion, sondern aus Knochen, Bändern, Muskeln und Sehnen aufgebaut ist, können der *Bogen* und die *Sehne* durch Muskelkontraktionen ihre Form verändern und sich jeder Stellung oder Bewegung des Körpers anpassen (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). So bewirkt die Kontraktion der Bauchmuskulatur eine Beugung, die der Rückenmuskulatur eine Streckung der Wirbelsäule. Aber auch die Muskulatur der Gliedmaßen beeinflusst die Statik des *Bogens*. Alle Muskeln, die die Schultergliedmaße nach hinten und die Beckengliedmaße nach vorne ziehen, bewirken eine Beugung, ihre Antagonisten eine Streckung des *Bogens* (MAIERL et al., 2009).

Am Vorder- und Hinterende des *Brückenbogens* befindet sich je eine Art *Konsole*, welche den, während der Bewegung stark wechselnden, zentrifugalen Schubkräften im Untergurt den nötigen Gegendruck entgegengesetzt und sie ausbalanciert. Die **vordere Konsole** wird von Kopf und Hals gebildet. Dadurch, dass die Hauptlast des Körpers auf der Vorhand liegt und die übliche Art der Bewegung die Vorwärtsbewegung ist, treten am vorderen Brückenende besonders große Schubkräfte auf, die je nach Schnelligkeit der Bewegung variieren. Deshalb ist die vordere Konsole stärker gebaut und beweglich mit dem Rumpf verbunden. Diese Beweglichkeit bietet statisch die Möglichkeit, durch Heben und Senken den Körperschwerpunkt zu verschieben und damit die Gleichgewichtslage zu verändern. Außerdem kann den, bei der Vorwärtsbewegung mit zunehmender Geschwindigkeit wachsenden, Schubkräften durch Senken des Kopfes und Anspannung der Halsmuskulatur ein gesteigerter Gegendruck entgegengesetzt werden und damit innerhalb der Gesamtkonstruktion des Stammes das Gleichgewicht wieder hergestellt werden. Das Gewicht von Kopf und Hals wird dabei passiv durch das elastische Nackenband und aktiv durch Muskeln, die die *vordere Konsole* verspannen, getragen. Dorsal sind das insbesondere der M. splenius, der M. semispinalis capitis und der M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, ventral die Mm. scaleni, der M. sternocephalicus und der M. longus colli (SEIFERLE und FREWEIN, 2004). Maierl et al. (2009) und Fischer et al. (2011) beschreiben an der vorderen Konsole ein zweites, im Verhältnis zum Rumpf umgekehrtes Bogensehnensystem. Die Halswirbelsäule mit ihren gelenkigen Verbindungen stellt dabei den *Bogen*, das elastische Nackenband zusammen mit der dorsalen Wirbelsäulenmuskulatur die *Sehne* dar (FISCHER und LILJE, 2011; MAIERL et al., 2009). Das Eigengewicht des Kopfes, wie auch sein aktives Senken, strecken den *Bogen*, während die *Sehne* ihn durch die elastischen Fasern des Nackenbandes energiesparend beugt und damit den Kopf hebt. Über den Ansatz der *Sehne* an den Dornfortsätzen der Brustwirbel steht dieses Brückensystem mit der „Rumpfbrücke“ in funktioneller Verbindung (MAIERL et al., 2009).

Die **hintere Konsole** wird vom Kreuzbein und den Schwanzwirbeln gebildet und ist schwächer angelegt. Das Kreuzbein ist mit den Lendenwirbeln zwar beweglich, mit dem Becken durch das straffe Iliosakralgelenk und die Ligg. sacroiliaca dorsalia jedoch nahezu unbeweglich verbunden und durch das Lig. sacrotuberale zusätzlich gegen das Becken verspannt. Dadurch wird die hintere Konsole fest gegen den Endabschnitt des Brückenbogens gepresst und zentrifugale Schubkräfte, wie sie

z. B. beim Rückwärtsgehen entstehen, können auf diese Weise abgefangen und kompensiert werden. Die feste Verbindung zwischen Kreuzbein und Becken bedeutet aber auch, dass sich die gesamte Kruppegegend bei einer dorsal-konvexen Krümmung des Brückenbogens nach vorne-unten bewegt, wodurch den Hintergliedmaßen unter anderem das starke Vorgreifen im Galopp ermöglicht wird (SEIFERLE und FREWEIN, 2004).

Die Körperachse spielt bei den Bewegungsvorgängen also eine zentrale Rolle. Sie beteiligt sich an der Fortbewegung, stellt die Grundlage für die mechanische Arbeit der Gliedmaßen dar und kombiniert die Bewegungen des Stammes und der Gliedmaßen. Die epaxialen Muskeln vermögen dabei den Stamm zu mobilisieren oder in allen drei Körperebenen zu stabilisieren - je nach Gangart des Hundes und Lokalisation an der Wirbelsäule. Im Schritt beschränken sich die Muskelbewegungen auf ein Seitwärtsbiegen und Drehen des Stammes um die Längsachse. Im Trab stabilisieren die Muskeln den Stamm zusätzlich durch geringfügiges Beugen und Strecken in der Sagittalebene, um so der Trägheit des Massenschwerpunktes entgegenzuwirken. Der Galopp wird hingegen von einer starken, dorsoventralen Beugung und Streckung in der Sagittalebene charakterisiert. Im Schritt und im Galopp breiten sich die Muskelkontraktionen dabei als laufende Welle fort, im Trab zeigen die synchronisierten Kontraktionen hingegen das Bild einer stehende Welle (SCHILLING und CARRIER, 2010).

2.3.3 Das Kreislaufsystem

2.3.3.1 Die Arterien

2.3.3.1.1 Die Arterien des Halses

A. subclavia und ihre Äste

Beim Hund entspringt die **A. subclavia dextra** aus dem Truncus brachiocephalicus. Die **A. subclavia sinistra** dagegen entspringt nach Abgang des Truncus brachiocephalicus aus dem Arcus aortae (BEZUIDENHOUT, 2013a; GILLE, 2008; KÖNIG et al., 2009b). Nachfolgend legt sich die A. subclavia dextra in einem kranial konvexen Bogen, die A. subclavia sinistra durch ihren weiter dorsal gelegenen Ursprung in einem kranioventralen Verlauf an den Vorderrand der ersten Rippe (WAIBL et al., 2005a). Als erstes entlässt sie die **A. vertebralis** (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Aus dem nachfolgend abgehenden **Truncus costocervicalis** entspringen die **A. cervicalis profunda**, die **A. scapularis dorsalis** und die **A. vertebralis thoracica** (WAIBL et al., 2005a). Zusätzlich zu den drei Hauptästen existieren auch kleinere Gefäße. Ein regelmäßiger Ast ist die **A. intercostalis dorsalis I** (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Bevor die A. subclavia in die A. axillaris übergeht, entlässt sie auf Höhe der ersten Rippe im Bereich des Brusteingangs die kaudoventral gerichtete **A. thoracica interna** und nach kranial die **A. cervicalis superficialis** (WAIBL et al., 2005a).

A. vertebralis

Die A. vertebralis verläuft nach ihrem Ursprung aus der A. subclavia kraniodorsal zum For. transversarium des 6. Halswirbels. Durch das Foramen tritt sie in den Querfortsatzkanal ein und verläuft in ihm kranial bis zur Atlasflügelgrube und weiter durch die Inc. alaris (GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). Analog zu den Aa. intercostales dorsales und Aa. lumbales entlässt die A. vertebralis durch die Forr. intervertebralia segmental **Rr. spinales**, welche das Rückenmark, dessen Hüllen und die Wirbelkörper versorgen (WAIBL et al., 2005a). Durch das For. vertebrale laterale des Atlas tritt die A. vertebralis selbst entsprechend den Rr. spinales in den Wirbelkanal ein, um mit der A. vertebralis der anderen Seite kranial in die **A. basilaris** überzugehen (GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). Vor ihrem Eintritt in den Querfortsatzkanal und in jedem Intervertebralspalt entlässt die A. vertebralis **Rr. dorsales** und **Rr. ventrales** um die halswirbelnahe Muskulatur zu versorgen (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Die Rr. dorsales

versorgen den M. scalenus, M. intertransversarius colli, M. serratus ventralis cervicalis und M. omotransversarius, die Rr. ventrales den M. longus colli, M. longus capitis sowie den M. brachio- und M. sternocephalicus (BEZUIDENHOUT, 2013a)]. Im Bereich der Inc. alaris wird vom R. dorsalis der **R. descendens** gebildet, welcher mit der A. cervicalis profunda in Verbindung steht (WAIBL et al., 2005a). Der dazugehörige R. ventralis bildet den **R. anastomoticus cum a. occipitali** (WAIBL et al., 2005a). Laut Bezuidenhout (2013a) anastomosieren beide Äste mit der A. occipitalis. Der R. ventralis mit dem zervikalen Ast der A. occipitalis, der R. dorsalis mit ihrem R. descendens.

A. cervicalis profunda

Die A. cervicalis profunda verlässt die Brusthöhle nach ihrem Ursprung aus dem Truncus costocervicalis durch den ersten Interkostalraum. Sie zieht nach kranial und versorgt hier durch dorsal gerichtete Äste die Halsmuskulatur vom Widerrist bis zum Nackenbereich (GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). Sie versorgt insbesondere die tiefen Halsmuskeln M. semispinalis capitis, M. multifidus cervicis, M. longissimus capitis, M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis und die Endbündel des M. longissimus thoracis (BEZUIDENHOUT, 2013a). Auf ihrem Weg geht sie Anastomosen mit den Dorsalästen der A. vertebralis bzw. kranial am Hals auch mit deren R. descendens ein, welcher nach Bezuidenhout (2013a) zur A. occipitalis gehört (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a).

A. scapularis dorsalis

Die A. scapularis dorsalis, die ebenfalls aus dem Truncus costocervicalis entspringt, steigt kranial der ersten Rippe dorsal an. Sie zieht, unter Abgabe von kranio- und kaudodorsal gerichteten Ästen, zwischen dem M. serratus ventralis cervicis bzw. thoracis und den langen Rückenmuskeln zum Margo dorsalis der Skapula, um die dort inserierenden Muskeln und die Haut des Widerristes zu versorgen (WAIBL et al., 2005a).

A. vertebralis thoracica

Die A. vertebralis thoracica entspringt dem Truncus costocervicalis am proximalen Ende des ersten Interkostalraums (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Sie erstreckt sich kaudal bis zum dritten, gelegentlich auch bis zum vierten Interkostalraum, wo sie mit der A. intercostalis dorsalis dieses Interkostalraums anastomosiert. Sie läuft durch das For. costotransversarium und entspricht deswegen nicht der A. intercostalis suprema der anderen Tierarten. Bei manchen Hunden ist jedoch gleichzeitig zu der A. vertebralis thoracica auch eine

A. intercostalis suprema ausgebildet (BEZUIDENHOUT, 2013a). Die **Aa. intercostales dorsales** der kranialen Interkostalräume nehmen ihren Ursprung aus der A. vertebralis thoracica, kaudal der Rippen, die sie kreuzt (BEZUIDENHOUT, 2013a; GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). Auf der linken Körperseite ist das die zweite und auf der rechten Körperseite die zweite und die dritte A. intercostalis dorsalis (WAIBL et al., 2005a). Die A. vertebralis thoracica gibt zusätzlich die kleine zweite, dritte und manchmal auch die vierte **A. spinalis thoracica** ab (BEZUIDENHOUT, 2013a).

A. cervicalis superficialis

Die A. cervicalis superficialis entspringt aus der A. subclavia medial der ersten Rippe und verläuft von hier kranioventral (BEZUIDENHOUT, 2013a; GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). In ihrem Verlauf gibt sie Äste an die Lnn. cervicales profundi caudales ab und kreuzt die V. jugularis externa lateral bevor sie die Medialfläche des M. brachiocephalicus erreicht. Nachfolgend entlässt sie den **R. deltoideus** in die seitliche Brustfurche, welcher laut Waibl et al. (2005a) auch aus der A. axillaris, laut Bezuidenhout (2013a) auch aus der A. thoracica interna, hervorgehen kann. Dieser, die V. cephalica begleitende Ast, versorgt vor allem den M. cleidobrachialis und den M. pectoralis descendens (WAIBL et al., 2005a). Kranial entlässt die A. cervicalis superficialis den **R. ascendens** an die Medialfläche des M. cleidocephalicus, lateral des M. scalenus, um diese beiden Muskeln sowie den M. sternocephalicus, M. omotransversarius, M. rhomboideus und die Mm. scaleni zu vaskularisieren (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Nachdem sich die A. cervicalis superficialis dorsal wendet, entlässt sie Äste zur Versorgung der Vordergliedmaße, um danach als **R. praescapularis** parallel zum M. supraspinatus nach dorsal zu ziehen. Der R. praescapularis entlässt Äste an die Lnn. cervicales superficiales, den M. omotransversarius, den M. trapezius (Pars cervicalis) und den M. rhomboideus cervicis (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a).

A. occipitalis

Die A. occipitalis entspringt als erster Ast der A. carotis externa, nahe ihres Ursprungsbereichs aus der A. carotis communis (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). In dorsaler Richtung verbindet sie sich mit dem R. anastomoticus cum a. occipitali der A. vertebralis und verzweigt sich mit ihrem **R. occipitalis** in der Muskulatur der Hinterhauptsgegend (WAIBL et al., 2005a). Sie dient somit nicht nur der Vaskularisation der Nackenmuskulatur und der kaudalen Bereiche der Hirnhäute,

sondern durch ihre Anastomose mit der A. vertebralis auch der Versorgung des ZNS (KÖNIG et al., 2009b). Der weitere Verlauf der A. occipitalis dient der Vaskularisation des Kopfes.

2.3.3.1.2 Arterien des Rückens

Aa. intercostales dorsales

Die Aorta descendens, welche in der Brusthöhle auch als Aorta thoracica bezeichnet wird, entlässt aus ihrer dorsalen Wand ab Höhe des dritten bis sechsten Brustwirbels segmental für beide Thoraxseiten die **Aa. intercostales dorsales** (BEZUIDENHOUT, 2013a; GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). Die Anzahl der Interkostalararterien entspricht der Anzahl der Interkostalräume, also zwölf (WAIBL et al., 2005a). Die ersten Aa. intercostales dorsales entspringen, wie oben beschrieben, aus dem Truncus costocervicalis oder der A. vertebralis thoracica. Die nachfolgenden entspringen aus der Aorta thoracica und zwar die Aa. intercostales dorsales IV bis XII und auf der linken Körperseite zusätzlich auch die A. intercostalis dorsalis III (WAIBL et al., 2005a).

Alle Interkostalararterien verhalten sich hinsichtlich Verlauf und Verzweigung grundsätzlich gleich (WAIBL et al., 2005a). Nach ihrem Ursprung, welcher bei gleichzähligen Interkostalararterien der linken und rechten Seite auch gemeinsam erfolgen kann, steigt die A. intercostalis dorsalis zunächst zum gleichzähligen Wirbelkörper auf. Nach Überquerung der Seitenfläche des Wirbelkörpers entlässt sie kaudodorsal des Querfortsatzes den **R. dorsalis** (WAIBL et al., 2005a). Nach Abgabe dieses Astes zieht die A. intercostalis in den Interkostalraum, wo sie zunächst eine kurze Strecke zwischen den Mm. intercostales verläuft. Daraufhin legt sie sich subpleural an den Kaudalrand der Rippe an und zieht im Sulcus costae ventral (WAIBL et al., 2005a). Dabei wird sie kaudal vom N. intercostalis und kranial von der gleichnamigen Vene begleitet (GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). Auf ihrem Weg entlässt sie über die Rippe mehrere **Rr. collaterales** an deren kranialen Rand sowie bis zu sieben **Rr. cutanei laterales**. An die Stammesmuskulatur werden **Rr. musculares** abgegeben (WAIBL et al., 2005a). Die Rr. cutanei laterales werden in einer proximalen Reihe, entlang der Grenze des M. iliocostalis, und einer distalen Reihe, die meist ab dem 3. Interkostalraum beginnt und entlang der ventralen Grenze des M. latissimus dorsi verläuft, abgegeben (BEZUIDENHOUT, 2013a). Nach Abgabe von Ästen, die das Gesäuge und das Zwerchfell versorgen, bilden die

Aa. intercostales dorsales Anastomosieren mit den entsprechenden Aa. intercostales ventrales aus (WAIBL et al., 2005a).

Der **R. dorsalis** zieht durch den Zwischenrippenraum und gibt daraufhin einen **R. interspinosus** an die Dornfortsätze und zwischen diesen liegende Bänder und Muskeln ab (WAIBL et al., 2005a). Der nachfolgend abgegebene **R. spinalis** dringt durch das For. intervertebrale in den Wirbelkanal ein, um sich dort in den **R. canalis vertebralis** und die **A. nervomedullaris** zu teilen (WAIBL et al., 2005a). Der R. dorsalis steigt kaudal des Querfortsatzes und lateral der Mm. multifidi auf und erreicht als **R. cutaneus medialis** die Haut (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a).

In ihrer Gesamtheit versorgen die Aa. intercostales dorsales also die Brustwirbelkörper, den Wirbelkanal sowie dessen Inhalt, die Muskeln der Stammeszone, die rippengestützte seitliche Brustwand, den thorakalen Anteil der Schultergürtelmuskulatur sowie die Haut, mit Ausnahme der Schulterblattgegend (WAIBL et al., 2005a). Die Rr. cutanei laterales sowie die Rr. musculares sind vor allem im Bereich der langen Rückenmuskeln in mehreren Reihen angeordnet. Zwei bis drei Reihen dieser Lateralgefäße treten in den M. longissimus dorsi, die nächste zwischen den M. longissimus dorsi und den M. iliocostalis (WAIBL et al., 2005a).

A. costoabdominalis dorsalis

An den Kaudalrand der letzten (13.) Rippe tritt die A. costoabdominalis dorsalis, welche aus der Aorta thoracica stammt (BEZUIDENHOUT, 2013a; KÖNIG et al., 2009b; WAIBL et al., 2005a). Ihr Verlauf und ihre Verzweigungen entsprechen denen der Aa. intercostales dorsales (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Lediglich aufgrund ihrer Lage erhält sie diesen selbsterklärenden Namen, der anzeigt, dass sie im Grenzbereich zwischen Brust- und Bauchwand verläuft. Sie ist nur im proximalen Abschnitt der letzten Rippe ausgebildet (WAIBL et al., 2005a).

Aa. lumbales

Mit dem Eintritt der Aorta descendens in den Hiatus aorticus des Zwerchfells wird sie Aorta abdominalis genannt. Sie entlässt segmental aus ihrer dorsalen Wand die Aa. lumbales (GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). Diese entsprechen in ihrer Anzahl den Lendenwirbeln, wobei die letzte Lumbalarterie beim Hund aus der A. sacralis mediana stammt (WAIBL et al., 2005a). Laut Bezuidenhout (2013a) kommen die ersten beiden Lumbalarterienpaare aus der Aorta thoracica, noch vor ihrem Durchtritt

durch das Zwerchfell, da dieses mit seinen Pfeilern erst in Höhe des dritten und vierten Lendenwirbels entspringt. Sie haben aber den gleichen Verlauf wie die anderen Lumbalarterien (BEZUIDENHOUT, 2013a). Wie auch bei den Aa. intercostales dorsales können die Lumbalarterien desselben Segments in ihrem Ursprung vereint sein. Die Aufzweigung der Aa. lumbales verläuft ähnlich der der Interkostalarterien. Die A. lumbalis wendet sich seitlich des gleichzähligen Lendenwirbelkörpers an den Kaudalrand des Querfortsatzes. In ihrem Verlauf gibt sie **Äste an den Wirbelkörper** ab. Daraufhin entlässt sie einen **R. spinalis** zur Versorgung des Rückenmarks und des Wirbelkanals sowie den **R. dorsalis** (GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a), der durch die Rückenmuskulatur zieht und Zweige zur Versorgung derselben abgibt, bevor er als **R. cutaneus medialis** endet (WAIBL et al., 2005a). In ihrem weiteren Verlauf entlässt die A. lumbalis dorsal gerichtete **Muskeläste** an die Stammesmuskulatur, die genau wie die der Interkostalarterien, dem Verlauf der langen Rückenmuskeln entsprechend, in Reihen angeordnet sind. Einige dieser Äste beteiligen sich als **Rr. cutanei laterales** an der Versorgung der Rückenhaut. Ventral gerichtete Muskeläste der A. lumbalis vaskularisieren die innere Lendenmuskulatur (WAIBL et al., 2005a). Die siebte A. lumbalis unterscheidet sich von den anderen darin, dass sie mit der A. lumbalis der anderen Seite in einem gemeinsamen Stamm aus der Aorta oder der A. sacralis mediana entspringen kann. Sie teilt sich daraufhin am Iliosakralgelenk in einen dorsalen und einen kaudalen Ast. Der **R. dorsalis** verläuft durch den Winkel zwischen dem Os ilium und der Wirbelsäule, um die darüber liegende Muskulatur zu versorgen. Der **R. caudalis** zieht ins Becken, um den Truncus sympathicus und die sakrokaudalen Muskeln zu vaskularisieren (BEZUIDENHOUT, 2013a).

A. abdominalis cranialis

Die A. abdominalis cranialis entspringt gemeinsam mit der A. phrenica caudalis in Höhe des zweiten Lendenwirbels, zuweilen aus dem Winkel zwischen Aorta abdominalis und A. renalis oder direkt aus der A. renalis. Auf ihrem Weg zur Bauchwand überquert sie die innere Lendenmuskulatur ventral und gibt Äste zur Versorgung an diese ab (WAIBL et al., 2005a).

2.3.3.1.3 Arterien von Becken und Schwanz

A. glutaeta caudalis

Die A. glutaeta caudalis wird an der Basis des Kreuzbeins aus der A. iliaca interna, als einer ihrer beiden Endäste entlassen. Sie verläuft ventral des Kreuzbeins in kaudaler Richtung, überquert medial den M. piriformis und den M. glutaetus superficialis und biegt kranioventral des Lig. sacrotuberale lateral um. Kranial des Kreuzbeinflügels entlässt sie die **A. iliolumbalis** und medial von dieser die A. glutaeta cranialis. Bevor sie die Hüftmuskulatur erreicht, gibt sie die **A. caudalis [coccygea]² lateralis** zur Vaskularisation des Schwanzes ab (BEZUIDENHOUT, 2013a). Nachdem sie noch weitere Äste für die Versorgung des Beckens und der Muskeln der Kruppe abgegeben hat, verzweigt sie sich unter anderem in der ventralen und lateralen Schwanzmuskulatur (GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a).

A. iliolumbalis

Die A. iliolumbalis geht aus der A. glutaeta caudalis³ hervor und verläuft zwischen Darmbein und M. iliopsoas in Richtung auf das Tuber coxae zu (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Auf ihrem Weg entlässt sie Äste an den M. iliopsoas, M. quadratus lumborum und den M. psoas minor, bevor sie sich nach Abgabe weiterer Äste im M. glutaetus medius und M. glutaetus profundus verzweigt (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a).

A. caudalis lateralis

Die aus der A. glutaeta caudalis entspringende **A. caudalis lateralis** verläuft oberflächlich und seitlich am Schwanz in Richtung Schwanzspitze und müsste laut Waibl et al. (2005a) eigentlich, gerade im Hinblick auf die später beschriebenen paramedian und ventral verlaufenden Kreuz- und Schwanzarterien, als **A. caudalis lateralis superficialis** bezeichnet werden (WAIBL et al., 2005a). Sie verlässt das Becken kaudodorsal zwischen dem Schwanz und dem M. glutaetus superficialis, wo sie einen Hautast abgibt, der die Faszie und die Haut der Hinterbacken bis vor zum Kamm des Os ilium versorgt. Auf ihrem Weg entlässt sie unregelmäßig sowohl dorsale als auch ventrale Äste, um die Haut und die angrenzende Faszie des Schwanzes zu versorgen (BEZUIDENHOUT, 2013a). Ab dem sechsten

² Der Begriff „caudalis“ im Sinne einer Bezeichnung von Strukturen, die „zum Schwanz gehören“, ist gleichbedeutend mit dem Wort „coccygeus“.

³ laut Gille (2008) geht sie aus der A. glutaeta cranialis hervor, welche wiederum aus der A. glutaeta caudalis stammt

Schwanzwirbel zieht sie dorsal der Procc. transversi auf der tiefen Schwanzfaszie bis zur Schwanzspitze. In den distalen zwei Dritteln des Schwanzes entlässt sie viele Äste zu den Muskeln und der Haut der dorsolateralen Seite. Andere Äste anastomosieren mit der A. caudalis mediana, kürzere Äste ziehen in die Tiefe, um dort mit den tiefer liegenden Arterien zu anastomosieren (BEZUIDENHOUT, 2013a).

A. sacralis mediana und A. caudalis mediana

Die **A. sacralis mediana** ist die Fortsetzung der Aorta abdominalis nach Abgabe aller ihrer Abzweigungen, vom letzten Lendenwirbel ab ventral des Kreuzbeins (BEZUIDENHOUT, 2013a; GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005a). Sie geht über das Kreuzbein hinaus ventral an den Schwanzwirbeln in die **A. caudalis mediana** über (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Diese zieht auf ihrem Weg zur Schwanzspitze durch die Haemalbögen des 4., 5. und 6. Schwanzwirbels, falls diese vorhanden sind (BEZUIDENHOUT, 2013a). Diese Arterie ist im Vergleich zur Aorta wesentlich schwächer, entlässt aber ebenfalls Segmentalarterien, die **Rr. sacrales** bzw. die **Rr. caudales**. Diese vaskularisieren das Kreuzbein bzw. die Schwanzwirbel und geben im Kreuzbereich **Rr. spinales** in den Wirbelkanal ab. Die Segmentalarterien verzweigen sich in der unmittelbar dem Kreuzbein anliegenden Muskulatur sowie in den Schwanzmuskeln (WAIBL et al., 2005a). In unregelmäßigen Abständen gibt die A. caudalis mediana ventrale Äste ab, die die Haut vaskularisieren (BEZUIDENHOUT, 2013a).

Es gibt viele Variationen der Schwanzarterien. Typischerweise sind im proximalen Drittel des Schwanzes sieben längsverlaufende Arterien wie folgt ausgebildet: eine unpaare **A. caudalis mediana**, die paarige **A. caudalis lateralis**, die paarige **A. caudalis dorsolateralis** und die paarige **A. caudalis ventrolateralis**. Nur die beiden Aa. caudales laterales und die A. caudalis mediana erreichen die Schwanzspitze, wo sie anastomosieren. Ab dem achten Schwanzwirbel sind regelmäßig Anastomosen zwischen diesen Gefäßen ausgebildet (BEZUIDENHOUT, 2013a). Die paarige **A. caudalis ventralis**, falls vorhanden, entspringt asymmetrisch als letzter Ast der A. sacralis mediana bzw. als erster Ast der A. caudalis mediana. Aus diesem Kollateralgefäß entspringen Segmentalgefäße, die die Wirbel und das umgebende Gewebe versorgen. Typischerweise verbindet sie sich kaudal des Beckens wieder mit der A. caudalis mediana, nachdem sie entweder mit ihr zusammen, oder außen um die Haemalbögen herum verlaufen ist (BEZUIDENHOUT, 2013a). Laut Waibl et al. (2005a) wird dieses Gefäß ventral des

Kreuzbeins, beidseits dicht dorsolateral der A. sacralis mediana aus Anastomosen zwischen den Rr. sacrales oder auch nur dem letzten R. sacralis und dem ersten R. caudalis gebildet, welches sich auch im Schwanzbereich dicht dorsolateral der A. caudalis mediana fortsetzt (WAIBL et al., 2005a). Ein exakter nomenklatorischer Ausdruck für dieses Gefäß steht bisher noch nicht fest (WAIBL et al., 2005a). Aus ihr entspringt meist nur das erste Paar der Rr. caudales, während die folgenden aus einer Anastomosenkette hervorgehen, welche sich ventral und dorsal der Querfortsatzrudimente bildet (WAIBL et al., 2005a).

Die konstant vorkommenden **Aa. caudales ventrolateralis** und **dorsolateralis** bilden sich durch den Zusammenschluss der Segmentalarterien (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Die Segmentalarterien teilen sich, wenn sie den Proc. transversus erreichen in einen dorsalen und ventralen Ast. Der ventrale Ast anastomosiert kaudal mit der nachfolgenden Segmentalarterie (BEZUIDENHOUT, 2013a). Auf diese Weise bildet sich eine Kette, die ventral des Proc. transversus liegt und als A. caudalis ventrolateralis bezeichnet wird (BEZUIDENHOUT, 2013a; WAIBL et al., 2005a). Sie endet etwa auf Höhe des achten Schwanzwirbels. Die Rr. dorsales ziehen auf die laterale Seite, wo sie sich, beginnend mit dem Ramus der letzten A. sacralis, zur A. caudalis dorsolateralis verbinden (BEZUIDENHOUT, 2013a). Es werden Äste zur Vaskularisation der dorsalen Schwanzmuskulatur und Haut abgegeben. Die Arterie kann kaudal des neunten Schwanzwirbels nicht länger verfolgt werden. Die dorsalen und ventralen kaudalen lateralen Arterien werden von dorsalen und ventralen kaudalen Nervensträngen begleitet (BEZUIDENHOUT, 2013a). Entlang des Schwanzes können kleine arteriovenöse Anastomosen ausgebildet sein, die man als **Corpora caudalia** bezeichnet (BEZUIDENHOUT, 2013a).

2.3.3.1.4 Arterien des Rückenmarks

Die Arterien des Rückenmarks, **Aa. spinales***, werden über die Rr. spinales der regionalen Gefäße gespeist, welche durch die Zwischenwirbellöcher in den Wirbelkanal eintreten. Die zuführenden Gefäße sind zervikal die **A. vertebralis**, thorakal der **Truncus costocervicalis** (A. vertebralis thoracica) sowie die **Aa. intercostales dorsales**, lumbal die **Aa. lumbales**, sakral die **A. sacralis**

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

mediana und für die Schwanzwirbelsäule die **A. caudalis mediana** (SEIFERLE und BÖHME, 2004a).

Nach Eintritt in den Wirbelkanal gibt der **R. spinalis** einen **R. canalis vertebralis*** ab, welcher sich in je einen kranialen und einen kaudalen Ast aufteilt. Diese Äste treten mit den Ästen der benachbarten Rr. canalis vertebralis in Verbindung, so dass beidseitig am Boden des Wirbelkanals eine girlandenartige Anastomosenkette entsteht (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Diese beiden Gefäßketten sind an ihren medial ausladenden Bögen im Bereich der Crista dorsalis jedes Wirbels durch Queranastomosen verbunden. Diese strickleiterartige Gefäßkette gibt **Aa. nutritiae*** an die Wirbelkörper und die Zwischenwirbelscheiben ab und ist in die Endorhachis* eingebaut (SEIFERLE und BÖHME, 2004a).

Von den **Rr. spinales** zweigen die **Aa. nervomedullares*** ab, welche mit den Spinalnerven zum Rückenmark ziehen. Die Aa. nervomedullares teilen sich vor oder nach ihrem Durchtritt durch die Dura mater in eine **A. radicularis ventralis*** und eine **A. radicularis dorsalis***. Zuweilen ist auch nur einer dieser beiden Abgänge ausgebildet oder in manchen Fällen auch keiner, wobei sich die A. nervomedullaris dann im Gebiet der Nervenwurzel und im Spinalganglion verzweigt, ohne das Rückenmark zu erreichen (SEIFERLE und BÖHME, 2004a).

Die dadurch nicht segmental angeordneten **Aa. radicales ventrales** ziehen an der Unterseite des Rückenmarks meist in kranio-medialer Richtung gegen die Fissura mediana ventralis, wo sie sich in einen **R. cranialis** und einen **R. caudalis** aufteilen (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Durch die Anastomosierung der Rr. craniales mit den Rr. caudales benachbarter Aa. radicales ventrales beider Körperseiten entsteht die unpaare **A. spinalis ventralis**. Sie verläuft, teils unter Inselbildung, in der Fissura mediana über die ganze Länge des Rückenmarks und hat ein mehr oder weniger geschlängeltes kaudales Ende. Kranial geht sie, meist unter Inselbildung, in die **A. basilaris** über, welche im Bereich des ersten Halssegments aus der rechten und linken A. vertebralis hervorgeht (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Beim Hund ist der R. spinalis III der A. vertebralis besonders stark, so dass auch die A. spinalis ventralis in den ersten drei Halssegmenten ein viel stärkeres Kaliber aufweist als im übrigen Rückenmark (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Laut Bezuidenhout (2013a) ist ebenfalls der dritte R. spinalis der stärkste, wobei der vierte ihm manchmal von der Größe her ebenbürtig sein kann.

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Die paarig angelegten **Aa. radicales dorsales** ziehen in kraniodorsaler Richtung an die dorsolaterale Fläche des Rückenmarks, wo sie sich ebenfalls in einen **R. cranialis** und einen **R. caudalis** aufteilen (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Durch Anastomosierung der Rr. craniales mit den Rr. caudales benachbarter Aa. radicales dorsales entstehen die beiden zarten **Aa. spinales dorsolaterales***. Durch einzelne Queranastomosen stehen die beiden Aa. spinales dorsolaterales unter sich, über die Rr. dorsales der A. spinalis ventralis aber auch mit dieser in Verbindung (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Auf Höhe eines jeden For. intervertebrale verbinden sich die Anastomosen zu einem Arterienring, der das Rückenmark, teilweise unvollständig, umschließt (KING, 1999).

So wird das Rückenmark von einem feinen arteriellen Gefäßnetz umspinnen, von dem aus die zarten Binnenarterien an die Rückenmarkssubstanz abgegeben werden (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Von der A. spinalis ventralis ziehen die **Aa. sulci*** bzw. **sulcocommissurales*** durch die Fissura mediana ventralis in die graue Substanz. Der Markmantel wird durch die **Rr. marginales*** der A. spinalis dorsolateralis und ihren Anastomosen mit der A. spinalis ventralis versorgt (SEIFERLE und BÖHME, 2004a).

2.3.3.2 Die Venen

Um eine bessere Übersicht und Vergleichbarkeit mit den Arterien zu erhalten, werden die Venen retrograd, also in peripherer Richtung beschrieben (SCHMALTZ, 1898).

2.3.3.2.1 Die Venen des Halses

Vena cava cranialis

Die unpaare Vena cava cranialis ist das entsprechende venöse Gefäß zum Truncus brachiocephalicus und kann in seltenen Fällen auch doppelt ausgebildet sein (BEZUIDENHOUT, 2013c; WAIBL et al., 2005b). Sie zieht aus dem Sinus venarum cavarum der rechten Herzvorkammer kranial zum Brusteingang. Sie läuft dabei rechts paramedian und ventral der Trachea und des Truncus brachiocephalicus.

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Nach dem Abgang der **V. azygos dextra** entspringt ebenfalls auf der rechten Seite die **V. costocervicalis**, die beim Hund nur einfach ausgebildet ist (WAIBL et al., 2005b). Die V. cava cranialis gabelt sich intrathorakal im Bereich des Brusteingangs in eine rechte und eine linke V. brachiocephalica (WAIBL et al., 2005b).

V. cervicalis superficialis

Die V. cervicalis superficialis geht in Höhe des Brusteingangs aus der V. jugularis externa hervor, die wiederum aus der V. brachiocephalica stammt. Oberhalb des Buggelenks zweigt aus der V. cervicalis superficialis kopfwärts der R. ascendens ab, der medial des M. cleidocephalicus verläuft (WAIBL et al., 2005b). Nach Abgabe von Ästen, die der Versorgung der Schultergliedmaße dienen, setzt sie sich als R. praescapularis fort und entlässt Äste zum Buglymphknoten sowie medial des M. omotransversarius bzw. der Pars cervicalis des M. trapezius (WAIBL et al., 2005b).

V. occipitalis

Die V. occipitalis ist beim Hund im Gegensatz zu den anderen Haussäugetieren nur ein Anastomosenbogen, der die V. jugularis interna mit dem R. anastomoticus cum v. occipitali der V. vertebralis verbindet (WAIBL et al., 2005b). Laut Bezuidenhout (2013c) besitzt der Hund keine wirkliche V. occipitalis, da die dorsale Genickgegend, welche von der A. occipitalis versorgt wird durch die V. emissaria occipitalis und das ventrale Gebiet durch die V. vertebralis entsorgt wird.

V. costocervicalis

Die V. costocervicalis dextra nimmt ihren Ursprung ventral aus der V. cava cranialis, die V. costocervicalis sinistra kommt dagegen fast immer dorsolateral aus der V. brachiocephalica sinistra. In ihrem Verlauf entlässt sie der Reihe nach die **V. vertebralis**, die **V. scapularis dorsalis**, die **V. intercostalis dorsalis I**, die **V. cervicalis profunda** und die **V. intercostalis suprema**. Die genannten Venen begleiten die gleichnamigen Arterien (BEZUIDENHOUT, 2013c; WAIBL et al., 2005b). Die V. cervicalis profunda ist das Ausgangsgefäß für die V. intervertebralis thoracica und sie wird beim Hund als einzigem Tier arteriell begleitet (WAIBL et al., 2005b).

V. vertebralis

Die V. vertebralis verläuft bis auf einige Ausnahmen entsprechend der A. vertebralis und ihren Verzweigungen. Vor ihrem Durchtritt durch das For. transversarium des Atlas entlässt sie die **V. intervertebralis II**, einen Ast zur ersten V. intervertebralis und einen kleineren R. muscularis. In der Fossa atlantis, ventral des Atlasflügels, gibt

sie die **V. intervertebralis I** ab, welche über die Inc. alaris in das For. vertebrale laterale des Atlas zieht und in den Plexus vertebralis mündet (BEZUIDENHOUT, 2013c). Nach Abgabe dieses Astes läuft die V. vertebralis kranial über die ventrolaterale Fläche des Atlantookzipitalgelenks, um sich dann in verschiedene Venen des Kopfes aufzugabeln. Die Vv. intervertebrales, stammen aus der V. vertebralis und treten durch das jeweilige For. intervertebrale. Sie stehen mit dem Plexus vertebralis in Verbindung. Die letzte (achte) V. intervertebralis entsteht durch den Zusammenschluss von Ästen aus der V. vertebralis und der V. cervicalis profunda (BEZUIDENHOUT, 2013c).

2.3.3.2.2 Die Venen des Rückens

V. azygos dextra

Die V. azygos dextra entspringt aus der V. cava cranialis dicht am Herzbeutelansatz. Sie steigt in einem kranial konvexen Bogen zur Brustwirbelsäule auf, wobei sie rechtsseitig die Trachea und den Oesophagus kreuzt. Danach begleitet sie rechts dorsal die Aorta thoracica sowie den Ductus thoracicus und tritt (meistens) mit diesen beiden durch den Hiatus aorticus (WAIBL et al., 2005b). In der kaudalen Thoraxhälfte kann sie eine **V. hemiazygos sinistra** entlassen. Nach ihrem Durchtritt durch den Hiatus aorticus mündet sie in eine der ersten Lendenvenen bzw. in deren gemeinsames Ursprungsgefäß aus der V. cava caudalis oder in diese selbst (WAIBL et al., 2005b). Laut Bezuidenhout (2013c) mündet sie in das gemeinsame Ursprungsgefäß der rechten und linken V. lumbalis III und kann in diesem Abschnitt auch doppelt ausgebildet sein. Auf ihrem Weg münden einige der segmentalen Körperwandvenen, die Vv. intercostales dorsales (mit Ausnahme der ersten drei auf der linken und der ersten drei bis vier auf der rechten Seite (BEZUIDENHOUT, 2013c)), die V. costoabdominalis dorsalis sowie die ersten beiden Vv. lumbales in die V. azygos dextra bzw. V. hemiazygos sinistra ein (BEZUIDENHOUT, 2013c; WAIBL et al., 2005b). Sie bildet den Abfluss für das Blut aus den dorsalen Bereichen (GILLE, 2008).

V. hemiazygos sinistra

Die V. hemiazygos sinistra ist sehr variabel und ersetzt die beim Hund nicht vorhandene V. azygos sinistra (BEZUIDENHOUT, 2013c; WAIBL et al., 2005b). Nach ihrem Ursprung aus der V. azygos dextra wechselt sie auf die andere Seite der Wirbelsäule, um an ihr nach kaudal zu ziehen (WAIBL et al., 2005b). Sie liegt auf der

linken Seite der Aorta und verbindet die V. cava caudalis mit der V. azygos dextra (BEZUIDENHOUT, 2013c). In sie münden die letzten zwei bis drei Vv. intercostales dorsales sowie die V. costoabdominalis dorsalis, bevor sie selbst in die V. phrenicoabdominalis* nahe deren Ursprung aus der V. cava caudalis mündet. Bei manchen Hunden besteht eine Anastomose zwischen der linken V. phrenicoabdominalis und der linken V. costoabdominalis. In diesen Fällen gibt es keine V. hemiazygos sinistra (BEZUIDENHOUT, 2013c).

In manchen Fällen können die V. azygos oder V. hemiazygos auch mit der V. circumflexa ilium profunda verbunden sein (BEZUIDENHOUT, 2013c).

Vv. intercostales dorsales / V. costoabdominalis dorsalis

Die Segmentalvenen haben unterschiedliche Ursprungsgefäße. So entspringen die Vv. intercostales dorsales I aus der V. costocervicalis; die Vv. intercostales dorsales II und die rechte III aus der V. intercostalis suprema oder der V. vertebralis thoracica. Die Vv. intercostales dorsales III links und IV bis XII wiederum kommen aus der V. azygos dextra, wobei die Vv. intercostales dorsales IX bis XI der linken Seite auch aus der V. hemiazygos sinistra kommen können. Die V. costoabdominalis dorsalis nimmt ihren Ursprung aus der V. azygos dextra (WAIBL et al., 2005b).

In einzelnen Thoraxsegmenten können die beiden zugehörigen Vv. intercostales dorsales einen gemeinsamen Anfangsabschnitt haben. Jede einzelne der Venen entlässt regelmäßig einen **R. dorsalis** (WAIBL et al., 2005b). Nach Abgabe dieses Ramus verlaufen die Vv. intercostales dorsales und die V. costoabdominalis dorsalis jeweils kranial der entsprechenden Arterie und verhalten sich in ihren Aufzweigungen wie diese (WAIBL et al., 2005b). Der R. dorsalis entlässt die **V. intervertebralis**, welche sich an der Bildung der **Plexus vertebrales externi ventralis und dorsalis** beteiligt. Die weitere Aufzweigung des R. dorsalis entspricht der des zugehörigen arteriellen R. dorsalis (WAIBL et al., 2005b).

Im kranialen Thoraxbereich besitzen die V. cervicalis profunda und die benachbarten Rr. dorsales der Vv. intercostales dorsales unmittelbar im Ursprungsbereich Anastomosen, die zwischen Collum costae und Tuberculum costae verlaufen. Diese Gefäßbrücken stellen die **V. vertebralis thoracica** dar, die sich kaudal über die kranialen Thoraxsegmente erstreckt. Wie bereits erwähnt bildet sie die Ursprungsvene für die betreffenden Vv. intercostales dorsales, wenn die V. intercostalis suprema fehlt (WAIBL et al., 2005b).

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Vena cava caudalis und ihre Äste

Die Vena cava caudalis entspringt kaudal aus dem Sinus venarum cavarum der rechten Vorkammer des Herzens. Sie läuft eingebettet in die Plica venae cavae durch die rechte Pleuralhöhle zum For. venae cavae im Centrum tendineum des Zwerchfells (BEZUIDENHOUT, 2013c; GILLE, 2008; WAIBL et al., 2005b). Mit Eintritt in die Bauchhöhle zieht die Vena cava caudalis zwischen rechtem Zwerchfellpfeiler und der Leber dorsal und gelangt so von ventral an die Wirbelsäule (WAIBL et al., 2005b). An der rechten Seite der Aorta abdominalis gelegen, zieht sie mit dieser entlang der Lendenwirbelsäule nach kaudal (WAIBL et al., 2005b). Sie liegt dabei in der Furche, die von den rechten und linken Mm. psoas majores und minores gebildet wird (BEZUIDENHOUT, 2013c). Die Endaufzweigung der V. cava caudalis erfolgt auf Höhe des sechsten (WAIBL et al., 2005b) bzw. siebten (BEZUIDENHOUT, 2013c) Lendenwirbels in die beiden **Vv. iliacae communes**. Dorsal entspringt aus diesen jeweils die V. lumbalis VII, bevor sie sich in die V. iliaca externa und V. iliaca interna teilen (BEZUIDENHOUT, 2013c; WAIBL et al., 2005b). Aus dem Teilungswinkel der V. cava caudalis oder aus einer der beiden Vv. iliacae communes geht die **V. sacralis mediana** hervor (WAIBL et al., 2005b).

Vv. lumbales

In ihrem Verlauf entlässt die Vena cava caudalis die Vv. lumbales. Ihre Anzahl entspricht der Anzahl der Lendenwirbel. Die rechte und linke Lendenvene eines Segments, aber auch die Venen aufeinanderfolgender Segmente können aus einem gemeinsamen Ursprungsgefäß stammen. Die kranialen Lendenvenenpaare I und II, selten auch die Vv. lumbales III gehen aus der V. azygos dextra hervor (WAIBL et al., 2005b), die der linken Seite laut Bezuidenhout (2013c) aus der V. hemiazygos sinistra. Die nachfolgenden Vv. lumbales III bis V (VI) entspringen aus der V. cava caudalis. Die kaudalen Vv. lumbales zweigen aus der V. cava caudalis bzw. ihren Teilungsästen ab (WAIBL et al., 2005b). Laut Bezuidenhout (2013c) entspringen die Lendenvenenpaare V und VI jeweils aus einem gemeinsamen Stamm, der wiederum aus der V. cava caudalis stammt. Die V. lumbalis VII entspringt aus der linken bzw. rechten V. iliaca communis. Die Vv. lumbales III anastomosieren direkt unter dem Wirbelkörper des 3. Lendenwirbels und nehmen hier die von kranial kommende V. azygos dextra in sich auf (BEZUIDENHOUT, 2013c). In gleicher Weise läuft ein unpaares Gefäß von hier aus kaudovertral, um sich mit dem gemeinsamen Stamm der Anastomosen des vierten Lendenvenenpaares zu verbinden. Dieser Stamm steht mit der V. cava caudalis in Verbindung. Auf diese Weise kann das Blut der

Lendenregion sowohl über die V. azygos dextra als auch über die V. cava caudalis zum Herzen gelangen (BEZUIDENHOUT, 2013c). Jede V. lumbalis begleitet die gleichnamige Arterie auf ihrer kranialen Seite und verzweigt sich mit dieser. Ihr **R. dorsalis** verhält sich dabei wie der einer V. intercostalis dorsalis (WAIBL et al., 2005b).

2.3.3.2.3 Die Venen des Beckens

V. caudalis lateralis

Die V. caudalis lateralis entspringt aus der V. iliaca interna vor ihrer Endaufteilung. Sie ist stärker ausgebildet als ihre gleichnamige Arterie und begleitet diese lateral und oberflächlich am Schwanz (WAIBL et al., 2005b). Laut Bezuidenhout (2013c) sind die rechte und die linke V. caudalis lateralis die einzigen erkennbaren Venen des Schwanzes. Das Blut des Schwanzes wird also hauptsächlich über diese beiden Venen abgeführt (BEZUIDENHOUT, 2013c).

V. sacralis mediana und V. caudalis mediana

Die unpaare V. sacralis mediana entspringt aus dem Teilungswinkel der V. cava caudalis oder aus einer der beiden Vv. iliaca communes (WAIBL et al., 2005b). Sie zieht ventromedian am Kreuzbein entlang und entlässt hier die **Rr. sacrales**, die sich ähnlich wie die anderen Segmentalgefäßen verhalten (WAIBL et al., 2005b).

Nach dem Abgang der Rr. sacrales geht die V. sacralis mediana in die V. caudalis mediana über. Diese gibt **Rr. caudales** ab, welche als Muskeläste an die Schwanzmuskeln ziehen und sich ventral der Querfortsatzrudimente zur **V. caudalis ventrolateralis** und dorsal der Fortsätze zur **V. caudalis dorsolateralis** verbinden (WAIBL et al., 2005b).

2.3.3.2.4 Die Venen des Rückenmarks

Die Venen des Rückenmarks zeigen im Wesentlichen den gleichen Verlauf wie die zuführenden Arterien (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Die ziemlich unvermittelt aus dem Kapillarnetz der nervösen Substanz hervorgehenden, zarten, intramedullären Venen finden Anschluss an **die V. spinalis ventralis** und die **Vv. spinales dorsolaterales** sowie an das die Hauptstämme verbindende Venennetz. Von hier aus fließt das Blut über die segmental angeordneten **Vv. radicales ventrales** und **dorsales** in die **Rr. spinales**, welche die Dura mater durchtreten. Die Rr. spinales

münden entweder direkt in den **Vv. intervertebrales** der größeren, ableitenden Venensysteme oder in den **Plexus vertebralis internus ventralis** (SEIFERLE und BÖHME, 2004a).

Plexus vertebralis internus ventralis

Der Plexus vertebralis internus ventralis, auch Wirbelblutleiter genannt, stellt die Fortsetzung des basalen, epiduralen Blutleitersystems des Gehirns dar (SEIFERLE und BÖHME, 2004a; STOFFEL, 2011a). Er besteht aus zwei relativ weitleumigen, im Atlasbereich ampullenförmigen, klappenlosen Venenröhren, die im Cavum epidurale dem Boden und zum Teil den Seitenwandungen des Wirbelkanals anliegen und diesen in seiner ganzen Länge bis in den Bereich der ersten Schwanzwirbel durchziehen (BEZUIDENHOUT, 2013c; SEIFERLE und BÖHME, 2004a; STOFFEL, 2011a). Die beiden Blutleiter stehen durch Queranastomosen in der Mitte eines jeden Wirbels (mit Ausnahme des Atlas) in Verbindung. Da sich die beiden Venen an dieser Stelle annähern, sich aber an den Forr. vertebralia lateralia wieder voneinander entfernen, entsteht in der Aufsicht eine girlandenartige Kette (BEZUIDENHOUT, 2013c; SEIFERLE und BÖHME, 2004a; WORTHMAN, 1956). Die Queranastomosen sind im eröffneten Wirbelkanal nicht zu sehen, da sie das Ligamentum longitudinale dorsale, mit vereinzelt Ausnahmen, unterkreuzen. Beim Hund befinden sich sowohl im Bereich des Übergangs von Atlas zu Axis, als auch im übrigen Halsmark- und vorderen Brustmarkbereich dorsale Queranastomosen, welche das Rückenmark spangenartig umgreifen. In den Wirbelblutleiter ergießen sich zahlreiche zarte Knochenvenen, die **Vv. nutritiae** (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Er umgibt häufig den Austritt der Spinalnerven und ist in den ersten beiden Halssegmenten am besten entwickelt. Am Atlantookzipitalgelenk stimmt er mit den Interbasilar- und Basilar-Sinus überein (BEZUIDENHOUT, 2013c). Zwischen dem Plexus vertebralis internus ventralis und den **Plexus vertebrales externi dorsalis** und **ventralis** bestehen zahlreiche Verbindungen (SEIFERLE und BÖHME, 2004a; STOFFEL, 2011a). So dringen im Bereich der Hals- und vorderen Brustwirbelsäule bogenförmige Venen, die **Rr. interarcuales**, nach Aufnahme der **Rr. interspinosi*** des Plexus vertebralis externus dorsalis, durch die Spatia interarcualia in den Wirbelkanal ein (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Die Rr. interarcuales sind die bedeutendste Komponente dieses Plexus, obwohl sie sowohl zwischen dem fünften

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

und siebten Halswirbel als auch zwischen dem neunten Brust- und siebten Lendenwirbel oft unvollständig ausgebildet sind. Die Rr. interarcuales der linken und rechten Seite vereinigen sich oft an der Spitze des Wirbelbogens oder es bilden sich Anastomosen zu kranial oder kaudal gelegenen Rr. interarcuales aus (BEZUIDENHOUT, 2013c). In der Gegend der Forr. intervertebralia münden die Rami entweder in den Plexus vertebralis internus ventralis oder in die hier den Wirbelkanal verlassenden **Vv. intervertebrales** der ableitenden Venensysteme, die alle zum Plexus vertebralis externus ventralis gehören. Mit diesem stehen auch die **Vv. basivertebrales** in Verbindung (SEIFERLE und BÖHME, 2004a). Zu den ableitenden Venen des Plexus vertebralis internus ventralis gehören: die **Vv. occipitales**, die **Vv. vertebrales**, die **Vv. cervicales profundae**, die **Vv. intercostales supremae**, die **Vv. vertebrales thoracicae**, die **Vv. intercostales dorsales**, die **V. azygos**, die **Vv. lumbales**, die **Vv. iliacae communes** und die **V. sacralis mediana** bzw. die **V. glutea caudalis**. Funktionell stellt der Wirbelblutleiter einen Kollateralkreislauf zu den großen Körperven dar, dem hämodynamisch im Sinne des Druckausgleichs beträchtliche Bedeutung zukommt. Durch die fehlenden Venenklappen sind Strömungsmöglichkeiten in verschiedene Richtungen gegeben. Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass sich der Plexus vertebralis internus ventralis bei Inspiration entleert und bei Expiration bzw. bei Einsetzen der Bauchpresse füllt (SEIFERLE und BÖHME, 2004a).

Plexus vertebralis externus dorsalis

Der Plexus vertebralis externus dorsalis wird von Anastomosen zwischen benachbarten Intervertebral- und Interspinalvenen derselben und der gegenüberliegenden Seite gebildet. Am besten ist er in der Hals- und kranialen Brustregion ausgebildet. Zuflüsse von epaxialen Venen beteiligen sich ebenfalls an den Anastomosen (BEZUIDENHOUT, 2013c).

Plexus vertebralis externus ventralis

Der Plexus vertebralis externus ventralis ist beim Hund nicht sehr ausgedehnt. Manche ventralen Zuflüsse der Intervertebralvenen werden von Anastomosen ventral des Wirbelkörpers gebildet. In der Hals- und Lendenregion treten einige subvertebrale Zuflüsse zusammen und bilden ein langes, medianes Gefäß, welches sich in eine Intervertebralvene ergießt (BEZUIDENHOUT, 2013c). Mit diesem Plexus stehen auch die Vv. basivertebrales in Verbindung, die von den Queranastomosen

des Wirbelblutleiters abgehen, in die Gefäßlöcher der Wirbelkörper eintreten und diese ventral durchziehen (SEIFERLE und BÖHME, 2004a).

Vv. intervertebrales

Die Vv. intervertebrales treten durch die Forr. intervertebralia und stellen so die Verbindung zwischen dem Plexus vertebralis internus ventralis und den ableitenden Venen außerhalb der Wirbelsäule her (BEZUIDENHOUT, 2013c). Sie sind meist auf jeder Seite doppelt angelegt, wobei die kranialen Paare gleich nach ihrem Ursprung miteinander verschmelzen. In den Fällen, in denen sie doppelt ausgebildet sind, nehmen sie den Spinalnerv beim Durchtritt durch das Foramen intervertebrale in ihre Mitte oder umringen ihn sogar durch Anastomosen, die zwischen ihnen ausgebildet sind. Auf diese Weise ist der Spinalnerv hier von einem venösen Puffer umgeben. Die Vv. intervertebrales besitzen den Namen und die Zahl der Intervertebralspalte, durch die sie ziehen. Eine Ausnahme bilden hier die ersten beiden sakralen Intervertebralvenen, welche durch die beiden Forr. sacralia ventralia treten (BEZUIDENHOUT, 2013c).

Die Vv. intervertebrales bilden extravertebrale Anastomosen, die im Anhang in Tab. 1 zu finden sind. Die Intervertebralvenen des Brust- und Lendenbereichs entleeren sich in die Interkostalvenen, bevor sie sich mit den größeren Gefäßen verbinden (BEZUIDENHOUT, 2013c).

Vv. basivertebrales

Laut Bezuidenhout (2013c) sind diese Venen meist paarig angelegt und kommen aus den Wirbelkörpern, dem Weichteilgewebe ventral der Wirbel oder von Anastomosen mit paravertebralen Venen. Sie steigen über die Knochenkanäle in den Wirbelkörpern auf und verbinden sich mit dem Plexus vertebralis internus ventralis. In der Thoraxregion sind kranial keine, kaudal vereinzelt Vv. basivertebrales angelegt, welche mit Interkostalvenen anastomosieren. Die Vv. basivertebrales der Lendenregion sind am größten und meist paarig ausgebildet. Sie verbinden sich mit den Vv. lumbales durch den Plexus vertebralis externus ventralis. Die Sakral- und Schwanzwirbel besitzen normalerweise keine Vv. basivertebrales (BEZUIDENHOUT, 2013c).

2.3.4 Das Lymphgefäßsystem

Die Anzahl der Lymphknoten des Hundes ist im Vergleich zu den anderen Haussäugetieren verhältnismäßig gering. Sowohl was die Zahl der Lymphknotengruppen, als auch was die Anzahl der Lymphknoten der einzelnen Gruppen betrifft (BAUM, 1918).

Lymphocentrum retropharyngeum

Zum Lymphocentrum retropharyngeum gehören der Ln. retropharyngeus medialis und der inkonstante Ln. retropharyngeus lateralis (BEZUIDENHOUT, 2013b; GILLE, 2008; VOLLMERHAUS, 2005).

Der **Ln. retropharyngeus medialis** ist mit etwa 50 mm Länge und 20 mm Breite der größte Lymphknoten im Kopf- und Halsbereich (BEZUIDENHOUT, 2013b). Laut Baum (1918) und Vollmerhaus (2005) kann er zwischen 15 und 80 mm lang werden. Seine Form ist langgestreckt und abgeplattet, mit einem spitz zulaufenden kaudalen Ende. Er liegt unter dem Atlasflügel in dem Dreieck, das kranial vom M. digastricus, dorsal vom M. longus colli und ventromedial von Pharynx und Larynx begrenzt wird (BEZUIDENHOUT, 2013b). Er liegt somit dem Schlundkopf auf (GILLE, 2008; VOLLMERHAUS, 2005). Lateral wird der Lymphknoten zum Großteil vom M. sternocephalicus und M. brachiocephalicus (BEZUIDENHOUT, 2013b) sowie der Gl. mandibularis und dem Ramus ventralis des N. accessorius bedeckt (VOLLMERHAUS, 2005). An seiner medialen Fläche verlaufen die A. carotis communis, die V. jugularis interna, der N. hypoglossus, der N. vagus und der Sympathikus (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Medial stößt er ebenfalls an den M. longus capitis (GILLE, 2008; VOLLMERHAUS, 2005) und die Pharynxmuskulatur (VOLLMERHAUS, 2005). Baum berichtet, dass bei ca. einem Fünftel der Hunde entweder auf einer oder auf beiden Körperseiten zwei Lnn. retropharyngei mediales ausgebildet sind, wobei sie dann übereinander liegen, der dorsale aber stets der kleinere ist (BAUM, 1918).

Das tributäre Gebiet des Lymphknotens umfasst neben dem 1. und dem 2. Halswirbel, den oberflächlichen und tiefen Halsmuskeln und den Halsbereichen der Schultergürtelmuskulatur auch große Teile des Kopfes und des Kehlgangs (VOLLMERHAUS, 2005). Im Detail sind das die Ossa parietale, occipitale, temporale, sphenoidale, palatinum, die Mandibula, den 1. und 2. Halswirbel, das Kiefergelenk, die Kaumuskulatur, die Zungen- und Zungenbeinmuskulatur, die

Halsbereiche der Schultergürtelmuskulatur, die oberflächlichen und tiefen Halsmuskeln, die Zunge, das Zahnfleisch, den harten und weichen Gaumen, den Mundhöhlenboden, den Rachenring, alle Kopfdrüsen, die Nasenhöhle, den Schlundkopf, den Kehlkopf, den Anfangsteil der Luft- und Speiseröhre, die Ohrmuschel und die Lymphgefäße des Nervensystems im Kopfbereich (VOLLMERHAUS, 2005). Die Lymphknoten des Kopfes leiten ihre Lymphe vornehmlich zum Ln. retropharyngeus medialis, dessen efferente Bahnen sich zum Truncus jugularis sammeln (GILLE, 2008; KÖNIG und LIEBICH, 2009; VOLLMERHAUS, 2005). Ist ein Ln. cervicalis profundus cranialis vorhanden, dann gehen ein bis zwei Vasa lymphatica efferentia des Ln. retropharyngeus medialis auch zu ihm (VOLLMERHAUS, 2005).

Der **Ln. retropharyngeus lateralis** ist bei nur etwa einem Drittel der Hunde ausgebildet (BAUM, 1918; VOLLMERHAUS, 2005). Dieser Lymphknoten hat einen Durchmesser von weniger als 10 mm und liegt an der dorsalen Begrenzung des knorpeligen Gehörgangs (BEZUIDENHOUT, 2013b), am dorsalen Rand der Gl. mandibularis, auf der Endsehne des M. sternomastoideus oder dem Ursprung des M. digastricus (VOLLMERHAUS, 2005). Er wird zum Teil oder ganz vom kaudalen Teil der Gl. parotis bedeckt (BAUM, 1918; BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Wenn er vorhanden ist, ist dieser Knoten tastbar und in seltenen Fällen können auch zwei bis drei Knoten ausgebildet sein (VOLLMERHAUS, 2005).

Das tributäre Gebiet dieses Lymphknotens umfasst die Muskeln, die über dem 1. und 2. Halswirbel liegen, die Halshautmuskeln, die hinteren Ohrmuskeln und die Ohrmuschel. Er erhält efferente Gefäße von anderen Kopflymphknoten und zieht selbst mit ein bis zwei Vasa efferentia zum Ln. retropharyngeus medialis (VOLLMERHAUS, 2005).

Das tributäre Gebiet dieses Lymphzentrums umfasst neben den kopfnahen Hals- und Nackenmuskeln also auch große Teile des Kopfes und des Kehlgangs (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Die Lymphknoten des Kopfes leiten ihre Lymphe vornehmlich zum Ln. retropharyngeus medialis, dessen efferente Bahnen sich zum Truncus jugularis sammeln (GILLE, 2008; VOLLMERHAUS, 2005). Ist ein Ln. cervicalis profundus cranialis vorhanden, dann gehen ein bis zwei Vasa efferentia des Ln. retropharyngeus medialis auch zu ihm (VOLLMERHAUS, 2005).

Lymphocentrum cervicale superficiale

Das Lymphocentrum cervicale superficiale besteht meist aus zwei **Lnn. cervicales superficiales** von ca. 30 mm Länge und weniger als 10 mm Breite (BEZUIDENHOUT, 2013b). Laut Vollmerhaus (2005) können die sog. Buglymphknoten bis zu 74 mm lang, 34 mm breit und 21 mm dick werden. Sie haben meist eine ovale Form und sind ein wenig abgeplattet (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Sie liegen kraniodorsal vor dem Schultergelenk unter dem M. brachiocephalicus oder auch unter dem M. omotransversarius (BEZUIDENHOUT, 2013b; GILLE, 2008; KÖNIG und LIEBICH, 2009; VOLLMERHAUS, 2005). An ihrem dorsalen Rand werden die Lymphknoten auch vom M. trapezius bedeckt (BEZUIDENHOUT, 2013b; GILLE, 2008; VOLLMERHAUS, 2005). Sie liegen im Fettgewebe dem M. serratus ventralis und M. scalenus auf, wobei einer der Knoten weiter dorsal liegt als der andere. Die A. und V. cervicalis superficialis laufen medial am Kaudalrand der Lymphknoten vorbei. Der weiter ventral liegende Ln. cervicalis superficialis kann auf der rechten Seite auch bis zur Trachea, auf der linken Seite bis zur Trachea und dem Oesophagus reichen (BEZUIDENHOUT, 2013b). Die Knoten sind vor dem Halsrand des M. supraspinatus tastbar (VOLLMERHAUS, 2005). In manchen Fällen kann auch nur ein Lymphknoten, häufiger aber drei oder mehr Lymphknoten pro Seite ausgebildet sein (BAUM, 1918; BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005).

Das tributäre Gebiet dieses Lymphzentrums umfasst nicht nur den Hals, seine Haut und oberflächlichen Muskeln sondern auch die Haut der Scheitel-, Ohrmuschel-, Nacken- und Parotisgegend, die der kaudalen Hälfte des kranialen Halsabschnittes, der Fuß- und Unterarmgegend, große Teile der seitlichen Schulter-Oberarmgegend und der medialen Oberarmgegend, der Vorderbrust und der kranialen Brustbeingegegend. Zusätzlich greift es auf die Muskeln des Schultergürtels und des Schultergelenks die Gelenke des Fußes und die Knochen der Schultergliedmaße über (VOLLMERHAUS, 2005). Die efferenten Lymphgefäße dieser Lymphknoten treten in den Endabschnitt des Truncus jugularis oder in den Mündungsteil des Ductus thoracicus ein (VOLLMERHAUS, 2005). Laut Bezuidenhout (2013b) münden die Gefäße der linken Seite in den Ductus thoracicus, die der rechten Seite verbinden sich mit dem Truncus jugularis zum Ductus lymphaticus. Gelegentlich können die efferenten Lymphgefäße auf einer oder beiden Seiten aber auch direkt in die V. jugularis externa münden (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005).

Lymphocentrum cervicale profundum

Das Lymphocentrum cervicale profundum wird in drei Gruppen unterteilt: die **Lnn. cervicales profundi craniales, medii** und **caudales** (BEZUIDENHOUT, 2013b; GILLE, 2008; KÖNIG und LIEBICH, 2009; VOLLMERHAUS, 2005), wobei sie im allgemeinen spärlich ausgebildet sind oder auch fehlen können (GILLE, 2008; VOLLMERHAUS, 2005). Sie sind dem Halsteil der Trachea (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005) und den tiefen Blutgefäßen benachbart (VOLLMERHAUS, 2005). Es gibt große Unterschiede in der Größe, von kaum sichtbar bis zu einigen Millimetern und der Anzahl der Lymphknoten, da beim Hund regelmäßig ein oder mehrere Knoten fehlen. Die kleineren Lymphknoten sind ellipsen- bis eiförmig; die größeren normalerweise länglich und liegen parallel zur Trachea (BEZUIDENHOUT, 2013b). Der **Ln. cervicalis profundus cranialis** kommt nur bei einem Drittel aller Hunde vor. Er ist ein inkonstanter Einzelknoten am kraniodorsalen oder dorsomedialen Rand der Schilddrüse. Die Größe gleicht der des Epithelkörperchens und kann deshalb leicht mit diesem verwechselt werden. Der **Ln. cervicalis profundus medius** liegt als kleiner rundlicher Knoten hinter der Schilddrüse im mittleren Halsdrittel der Trachea. Er kommt nur bei einem Zehntel der Hunde vor. Der **Ln. cervicalis profundus caudalis** ist häufig nur ein einziger, meistens sogar unpaarer 1,5 bis 2,5 mm großer Knoten, der dicht halswärts vor der 1. Rippe der Trachea anliegt und vom M. sternohyoideus, M. sternothyreoideus und M. brachiocephalicus bedeckt wird (VOLLMERHAUS, 2005). Es können auch zwei oder mehr Lymphknoten ausgebildet sein, wobei die mittleren und die kaudalen tiefen Halslymphknoten meist nur einseitig ausgebildet sind (BEZUIDENHOUT, 2013b).

Das tributäre Gebiet dieses Lymphzentrums umfasst den Kehlkopf, die Schilddrüse, die Luftröhre und die Speiseröhre. Der Ln. cervicalis profundus caudalis erhält darüber hinaus Lymphe von den letzten fünf bis sechs Halswirbeln sowie dem M. splenius, M. sternohyoideus, M. sternothyreoideus, M. longus colli und M. longus capitis (VOLLMERHAUS, 2005). Laut Bezuidenhout (2013b) umfasst das tributäre Gebiet nur den Larynx, die Schilddrüse, die Trachea, den Oesophagus und die letzten fünf bis sechs Halswirbel. Die efferenten Lymphgefäße der weiter kranial liegenden Lymphknoten werden zu afferenten Lymphgefäßen der kaudal folgenden. Die abführenden Gefäße des kaudalen Ln. cervicalis profundus münden auf der rechten Seite in den Ductus lymphaticus, auf der linken in den Ductus thoracicus. Auf beiden Seiten können sie aber auch in den Truncus jugularis oder in einen

Ln. mediastinalis cranialis münden (BEZUIDENHOUT, 2013b). Die Gefäße münden somit direkt oder indirekt in den Truncus jugularis (VOLLMERHAUS, 2005).

Truncus jugularis

Der 2 bis 4 mm breite Truncus jugularis ist beidseitig ausgebildet und kann auf beiden Seiten auch doppelt oder laut Bezuidenhout (2013b) wie ein Plexus ausgebildet sein (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Er entspringt am kaudalen Pol des Ln. retropharyngeus medialis oder dessen Ductus efferentes (BEZUIDENHOUT, 2013b). Er nimmt die Vasa lymphatica efferentia der Kopf- und Halslymphzentren auf und führt deren Lymphe direkt oder indirekt dem Venenwinkel zu (VOLLMERHAUS, 2005).

Der Truncus jugularis dexter liegt in seiner ganzen Länge dem Halsteil der Trachea an, weshalb er manchmal wie z. B. von Bezuidenhout (2013b) als Truncus trachealis dexter bezeichnet wird (VOLLMERHAUS, 2005). Die A. carotis communis, der N. laryngeus recurrens sowie die V. jugularis interna liegen dabei in direkter Nachbarschaft. Er tritt an der Apertura thoracis mit den axillaren Lymphgefäßen und den Vasa [lymphatica] efferentia der Lymphknoten des Brusteingangs und des vorderen Mittelfells zum **Ductus lymphaticus dexter** zusammen (VOLLMERHAUS, 2005). 20 – 30 mm vor der ersten Rippe verdoppelt sich sein Durchmesser durch diese Vereinigung (BEZUIDENHOUT, 2013b). Er kann aber auch eigenständig in den Venenwinkel münden, wobei sein verdicktes Mündungsstück dann als Ductus lymphaticus dexter bezeichnet wird (VOLLMERHAUS, 2005).

Der Truncus jugularis sinister legt sich im oberen Halsdrittel der Speiseröhre an, tritt dann auf die Seite der Luftröhre und verbindet sich im Brusteingang mit dem Mündungsteil des Ductus thoracicus (BEZUIDENHOUT, 2013b; REESE, 2012; VOLLMERHAUS, 2005) oder tritt selbständig in den Venenwinkel ein (VOLLMERHAUS, 2005).

Lymphocentrum thoracicum dorsale

Dieses Lymphzentrum besteht aus den Lnn. intercostales (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Beim Hund ist häufig jedoch nur ein Ln. intercostalis im 5. oder 6. Interkostalraum ausgebildet, falls überhaupt, da er nur bei ca. 25% der Hunde vorkommt (BAUM, 1918; BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Der Ln. intercostalis liegt in den Interkostalräumen nahe der Rippenköpfchen und wird von Pleura und Fascia endothoracica bedeckt (GILLE, 2008; VOLLMERHAUS,

2005). Der rundliche Knoten liegt kaudal der A. intercostalis unter dem Truncus sympathicus (BEZUIDENHOUT, 2013b).

Das tributäre Gebiet dieses Lymphknotens umfasst durch die afferenten Lymphgefäße, die durch die letzten sechs bis acht Interkostalräume in die Brusthöhle treten, die Rücken-, Schulter-, Brust- und Bauchmuskulatur sowie die Brustwirbel, die Rückenmarkshüllen, die Aorta und die Pleura (BAUM, 1918; VOLLMERHAUS, 2005). Im engeren Sinne umfasst das die Brustwirbel, die Rippen, die Skapula, die Aorta, die Pleura, die Rückenmarkshäute, den M. subscapularis, den M. longissimus dorsi, den M. iliocostalis, den M. trapezius (Pars thoracica), den M. rhomboideus (Pars thoracica), den M. latissimus dorsi, den M. serratus ventralis, den M. obliquus abdominalis externus und internus, den M. transversus abdominis, den M. serratus dorsalis cranialis, den M. spinalis et semispinalis dorsi et cervicis und die Mm. intercostales (BAUM, 1918). Die efferenten Gefäße münden in die mediastinalen Lymphknoten (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005).

Lymphocentrum mediastinale

Das Lymphocentrum mediastinale besteht beim Hund aus den **Lnn. mediastinales craniales** (BEZUIDENHOUT, 2013b; GILLE, 2008; VOLLMERHAUS, 2005). Sie liegen im Mediastinum nahe des Brusteingangs (GILLE, 2008) und können in Größe und Anzahl variieren (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005).

Es finden sich auf jeder Körperseite ein bis sechs Einzelknoten bis zu einer Größe von je 3 bis 30 mm Länge. Sehr konstant ist der Knoten im 1. Interkostalraum dicht vor der V. costocervicalis. Die übrigen Lymphknoten folgen bis zum Aortenbogen und evtl. noch auf dem Herzbeutel. Ist nur ein Knoten vorhanden, ist es jener dicht vor der V. costocervicalis (VOLLMERHAUS, 2005). Bei Jungtieren sind einige in den Thymus eingebettet. Im Übrigen liegen die Knoten zwischen den Gefäßen und Organen des präkardialen Mediastinums (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Sie beschränken sich dabei auf das Mediastinum oder die Oberfläche des Herzens und sind durch die Pleura meist nicht sichtbar (BEZUIDENHOUT, 2013b).

Auf der linken Seite gibt es ein bis sechs Lymphknoten (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005) und ihre Größe reicht laut Bezuidenhout (2013b) von unter 1 mm bis zu 3 mm, laut Vollmerhaus (2005) bis zu 3 bis 30 mm. Die meisten dieser länglichen Knoten liegen entlang der V. cava cranialis, der A. brachiocephalica, der A. subclavia sinistra und dem Truncus costocervicalis (BEZUIDENHOUT, 2013b).

Wenn mehrere Lymphknoten existieren, so gibt es immer einen, der gegenüber dem ersten Interkostalraum entweder kranial oder kaudal der V. costocervicalis liegt. Kleine getreidekorngroße Knoten liegen zwischen der dorsal laufenden A. subclavia sinistra und der ventral liegenden A. brachiocephalica oder in der Grube zwischen Trachea und Oesophagus. Sie werden erst sichtbar, wenn man die darüber liegende Pleura und das Fettgewebe entfernt (BEZUIDENHOUT, 2013b).

Auf der rechten Seite gibt es meist zwei oder drei, aber nie mehr als sechs Lymphknoten. Einer der konstantesten ist der scheibenförmige Knoten zwischen der V. costocervicalis und der V. cava cranialis. Dieser kann auch doppelt ausgebildet sein. In großen Hunden misst sein Durchmesser über 10 mm (BEZUIDENHOUT, 2013b) und kann die beiden Venen zwischen denen er liegt überlappen. Zusätzliche Knoten liegen meist entlang der dorsolateralen Fläche der Trachea, zwischen der V. azygos und der V. costocervicalis. Ein Knoten kann ventral der Trachea zwischen der V. cava cranialis und der A. brachiocephalica liegen (BEZUIDENHOUT, 2013b).

Das tributäre Gebiet dieses Lymphzentrums umfasst die letzten sechs Halswirbel, die Brustwirbel, die Rippen, die Hals-, Thorax- und Bauchmuskulatur sowie die Rückenmarkshäute (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005), laut Vollmerhaus (2005) zusätzlich auch die Schultergürtelmuskulatur und die Rückenstrecker. Des Weiteren umfasst es die Perikardhöhle, die Skapula, die Trachea, den Oesophagus, die Schilddrüse, den Thymus, das Mediastinum, das Brustfell, das Herz und die Aorta (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Die efferenten Gefäße der Ln. mediastinales craniales münden meist alle in den einen relativ konstanten Lymphknoten vor der V. costocervicalis (BEZUIDENHOUT, 2013b). Von diesem aus münden Vasa lymphatica efferentia auf der linken Seite entweder in den Ductus thoracicus, den Truncus jugularis oder in beide und auf der rechten Seite in den Ductus lymphaticus dexter, den Truncus jugularis oder wiederum in beide (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005).

Lymphocentrum lumbale

Das Lymphocentrum lumbale setzt sich aus den **Lnn. lumbales aortici** und den **Lnn. renales** zusammen (BEZUIDENHOUT, 2013b). Da die Lnn. renales, so sie existieren, ihre Lymphe vornehmlich aus den Nieren erhalten werden sie in dieser Arbeit nicht näher behandelt. Die **Lnn. lumbales aortici** sind kleine 1 bis 2 mm große Knoten, die sich entlang der Aorta und der V. cava caudalis vom Zwerchfell bis zur A. circumflexa ilium profunda erstrecken (BEZUIDENHOUT, 2013b;

VOLLMERHAUS, 2005). Laut König (2009) können sie entweder entlang der Aorta oder auch zwischen den Querfortsätzen der Lendenwirbel liegen. Mit Ausnahme eines regelmäßig auftretenden paarigen Lymphknotens in der Nähe des Zwerchfells sind sie unbeständig und können gelegentlich fehlen (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Dieses kranial gelegene Knotenpaar ist im Vergleich zu den anderen mit 10 bis 20 mm wesentlich größer (VOLLMERHAUS, 2005). Baum (1918) hat in einigen Hunden bis zu 17 Einzelknoten nachgewiesen.

Das tributäre Gebiet dieses Lymphzentrums umfasst die Lendenwirbel, die Rippen (laut Bezuidenhout (2013b) nur die letzte Rippe), die Lenden-, Zwischenrippen- und Bauchmuskulatur, die Hüllen des Rückenmarks, die Aorta, das Mediastinum, die Pleura, das Zwerchfell, das Peritoneum, die Nebenniere und die abdominal gelegenen Teile des Urogenitaltrakts (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Laut Vollmerhaus (2005) umfasst es zusätzlich die letzten Brustwirbel, die Rückenstrecker sowie die Leber. Die Lnn. lumbales aortici erhalten zusätzlich Lymphzuflüsse von kaudal gelegenen Lymphknoten. Die efferenten Gefäße dieses Lymphzentrums münden in die Trunci lumbales, einige der kranialen auch direkt in die Cisterna chyli (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005).

Lymphocentrum iliosacrale

Dieses Lymphzentrum besteht aus dem Ln. iliacus medialis, den Lnn. iliaci interni und den Lnn. sacrales (BEZUIDENHOUT, 2013b).

Der **Ln. iliacus medialis** ist ein ca. 40 mm langer, 20 mm breiter und 5 mm dicker, unregelmäßig geformter Lymphknoten (BEZUIDENHOUT, 2013b). Laut Vollmerhaus (2005) kann er bei großen Rassen bis zu 60 mm lang werden. Er liegt zwischen der A. circumflexa ilium profunda und der A. iliaca externa in der Furche zwischen dem M. psoas major und der Aorta bzw. der V. cava caudalis, ventral der Wirbelkörper des fünften und sechsten Lendenwirbels (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Kaudal schmiegt sich der Knoten der kranialen Begrenzung der A. iliaca externa an (BEZUIDENHOUT, 2013b). Gelegentlich ist er auf einer oder auch auf beiden Körperseiten doppelt (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005) oder auch dreifach (VOLLMERHAUS, 2005) ausgebildet.

Das tributäre Gebiet des Lymphknotens umfasst die Haut der dorsalen Bauchwand kaudal der letzten Rippe, die der Beckengegend, der Schwanzwurzel sowie der kraniolateralen Anteile des Oberschenkels und des Knies, die Bauchmuskeln, die

Becken- und Lendenmuskulatur und die Rückenmarkshäute. Des Weiteren umfasst es Muskeln und Knochen der Hintergliedmaße, das Kolon, das Rektum, den Anus, die Vagina, die Vulva, den Hoden und den Nebenhoden, den Samenleiter, den Proc. vaginalis, den M. cremaster, die Prostata, den Ureter, die Harnblase und die Urethra, die Aorta, die Rückenmarkshäute und die efferenten Lymphgefäße der Lnn. inguinales superficiales et profundi, colici, sacrales und iliaci interni (BEZUIDENHOUT, 2013b). Der Ln. iliacus medialis bekommt Zuflüsse aus den Lnn. iliaci interni und den Lnn. sacrales sowie den anderen, die Hintergliedmaße versorgenden Lymphzentren. Die Vasa lymphatica efferentia münden in die Trunci lumbales oder, falls vorhanden, in die kaudalen Lnn. lumbales aortici (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005).

Die **Lnn. iliaci interni** (früher **Lnn. hypogastrici**) sind normalerweise kleine, paarige Knoten, die im Winkel zwischen der A. iliaca interna und der A. sacralis mediana ventral des sechsten oder siebten Lendenwirbelkörpers auf dem M. sacrocaudalis ventralis liegen (BEZUIDENHOUT, 2013b). Laut Vollmerhaus (2005) liegen im Winkel zwischen rechter und linker A. iliaca interna entweder ein unpaarer oder zwei paarige, gelegentlich auch mehrere, Knoten von bis zu 25 mm Länge. Bezuidenhout (2013b) berichtet von drei hintereinander liegenden Knoten auf einer Seite oder doppelt ausgebildeten auf jeder Seite. Auch Baum (1918) hat bei manchen Hunden von nur einem einzigen Knoten berichtet, der für beide Seiten zuständig ist.

Das tributäre Gebiet umfasst den M. psoas minor, den M. quadratus lumborum, die Schwanzmuskulatur sowie die Muskeln proximal an der Hintergliedmaße. Des Weiteren schließt es die Lenden-, Kreuz- und Schwanzwirbel sowie den Oberschenkelknochen und das Becken mit ein. Es umfasst weite Teile des Urogenitaltraktes sowie die Endabschnitte des Verdauungssystems und Teile des Nervensystems (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Efferente Gefäße münden in die Lnn. iliaci mediales (BEZUIDENHOUT, 2013b; KÖNIG und LIEBICH, 2009; VOLLMERHAUS, 2005).

Die **Lnn. sacrales** sind nur bei der Hälfte der Hunde vorhanden und können manchmal nur schwer von den Lnn. iliaci interni abgegrenzt werden (BAUM, 1918; BEZUIDENHOUT, 2013b). Auch Vollmerhaus (2005) beschreibt sie als 3 bis 15 mm große Knoten, die am Dach oder der dorsolateralen Wand des Beckens gelegen sind und in der Hälfte der Fälle gefunden werden. Baum (1918) teilt die Lnn. sacrales in

zwei Gruppen: die Lnn. sacrales mediales, entlang des Beckenhöhlendachs und die Lnn. sacrales laterales, entlang der dorsolateralen Wand der Beckenhöhle. Die Lymphknoten liegen ventral der Wirbelkörper des Sakrums oder ventral des M. sacrocaudalis ventralis (BEZUIDENHOUT, 2013b). Falls vorhanden, liegen die kleinen Knoten zu beiden Seiten der A. sacralis mediana (BEZUIDENHOUT, 2013b; GILLE, 2008). Mitunter gibt es auch einen einzelnen kleinen Knoten im Fettgewebe ventral der Arterie. In anderen Fällen gibt es zwei bis drei Knoten auf einer Seite (BEZUIDENHOUT, 2013b).

Das tributäre Gebiet umfasst das Kreuzbein sowie die Wirbel und die Muskeln des Schwanzes. Des Weiteren schließt es proximale Abschnitte der Hintergliedmaße sowie Teile des Urogenitalapparates mit ein (BEZUIDENHOUT, 2013b; VOLLMERHAUS, 2005). Die efferenten Gefäße laufen plexusartig zu den Lnn. iliaci interni und den Lnn. iliaci mediales (BEZUIDENHOUT, 2013b).

2.3.5 Das Nervensystem

2.3.5.1 Makroskopische Anatomie des Rückenmarks

Das **Rückenmark, Medulla spinalis**, ist ein Teil des zentralen Nervensystems und liegt als fast zylindrischer, stellenweise dorsoventral etwas abgeplatteter Strang (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004c) im Wirbelkanal (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Es wird dabei von seinen **häutigen Hüllen, den Meninges**, umgeben, die das mit Liquor cerebrospinalis gefüllte **Cavum subarachnoideale** bilden (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Das Rückenmark füllt den Wirbelkanal nicht vollständig aus, passt sich aber seinen Krümmungen an. Zwischen den Rückenmarkshäuten und dem **Periost des Wirbelkanals, der Endorhachis**, liegt das **Spatium epidurale**, das von einem lockeren, fettreichen, von Venengeflechten durchsetzten Bindegewebe ausgefüllt wird, in dem sich der geschlossene Duraschlauch und die extraduralen Anteile der Spinalnervenzwurzeln befinden (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Sowohl der Liquor cerebrospinalis als auch das epidurale Fettpolster schützen somit das empfindliche Rückenmark gegen die Druckeinwirkungen, wie sie bei Bewegungen der Wirbelsäule entstehen (KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004c).

Embryonal nimmt das Rückenmark die ganze Länge des Wirbelkanals ein, bleibt in der weiteren Entwicklung jedoch in seinem Wachstum gegenüber dem der Wirbelsäule zurück (KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004c), was einen scheinbaren Aufstieg des Rückenmarks im Wirbelkanal zur Folge hat und als **Ascensus medullae spinalis** bezeichnet wird. Die anfangs transversal zwischen den Wirbeln austretenden Spinalnerven werden von den jeweiligen Wirbelsäulenabschnitten mitgenommen, wodurch sich ihre intra- und extraduralen Wurzeln kaudal abbiegen. Innerhalb des Wirbelkanals verlaufen die Wurzeln ab dem Lendenwirbelbereich auf einer kürzeren oder längeren Strecke beidseitig vom Conus medullaris und dem Filum terminale und ziehen mit diesem zusammen kaudal (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Da dieses Nervenbündel wie die Langhaare am Pferdeschweif aussehen, wird das Ganze als **Cauda equina** bezeichnet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Da sie nur aus Spinalnerven bzw. ihren Wurzeln besteht, wird die Cauda equina dem peripheren Nervensystem zugerechnet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d).

Durch die abgehenden Spinalnerven wird das Rückenmark in das **Halsmark, Pars cervicalis**, das **Brustmark, Pars thoracica**, das **Lendenmark, Pars lumbalis**, das

Kreuzmark, Pars sacralis, und das **Schwanzmark, Pars caudalis**, eingeteilt (KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004c; STOFFEL, 2011b). Die Grenze zwischen zwei Rückenmarkssegmenten verläuft dabei in der Mitte zwischen den zwei aufeinander folgenden Wurzelzonen der Spinalnerven und dem Segment wird die Ordnungszahl des in seinem Bereich entspringenden Rückenmarksnerven zugeordnet (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Die einzigen Rückenmarkssegmente die komplett in ihren dazugehörigen Wirbeln liegen sind die Segmente C₁, Th₁₂, Th₁₃, L₁, L₂ und manchmal noch L₃. Alle anderen liegen kranial von ihren entsprechenden Wirbeln (FLETCHER und KITCHELL, 1966). Das hintere Ende des letzten Halssegmentes liegt beim Hund etwa auf halber Höhe des 7. Halswirbels. Die Grenze zwischen Brust- und Lendensegment befindet sich im vorderen Drittel des 1. Lendenwirbels. Das kaudale Ende des Lendensegments liegt etwa in der Mitte des 5. Lendenwirbels und das Kreuzsegment liegt mit seinen drei Sakralsegmenten zwischen dem vorderen Drittel des 5. und dem kranialen Viertel des 6. Lendenwirbels (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Laut Stoffel (2011b) endet das Rückenmark bereits im 5. Lendenwirbel. Die einzelnen Rückenmarksegmente weisen eine unterschiedliche Länge auf. Kaudal von C₃, dem längsten Segment, werden sie bis zu Th₂ immer kürzer, um daraufhin im Brustmark wieder länger und zum Ende hin wieder kürzer zu werden (FLETCHER, 2013). Am Übergang zwischen Hals- und Brustmark, zwischen C₆ und Th₁, wo die Äste des Plexus brachialis entspringen, schwillt das Rückenmark spindelförmig zur **Halsschwellung, Intumescencia cervicalis**, an. Im Ursprungsgebiet des Plexus lumbosacralis, im hinteren Bereich des Lendenmarks, zwischen L₃ und S₁, gibt es eine entsprechende **Lendenschwellung, Intumescencia lumbalis** (SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004c; STOFFEL, 2011b; STOFFEL und BUDRAS, 2012). Laut Fletcher (2013) umfasst sie nur die Segmente L₅ – S₁. Das Rückenmark verjüngt sich kaudal kegelförmig zum **Conus medullaris**, der seinerseits in den dünnen **Endfaden**, das **Filum terminale**, übergeht (FLETCHER, 2013; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004c; STOFFEL, 2011b; STOFFEL und BUDRAS, 2012). Das anfangs noch aus Nervengewebe bestehende Filum terminale liegt innerhalb des liquorhaltigen Cavum subarachnoideale und ist mit seinem bindegewebigen, kaudalen Ende in den zarten **Endfaden des Duraschlauches, Filum durae matris spinalis**, eingebunden. Dieser lässt sich bis in den Bereich der ersten Schwanzwirbel verfolgen, wo er am Boden des 3. oder 4. Schwanzwirbels mit der Endorhachis verwächst (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Kranial geht das

Rückenmark ohne deutliche Grenze in das verlängerte Mark, die Medulla oblongata, über (SALOMON, 2008c).

Das Rückenmark weist einen querovalen Querschnitt auf (STOFFEL, 2011b). In seiner Mitte befindet sich ein feiner rundlicher, mit Liquor cerebrospinalis gefüllter Kanal, der **Zentralkanal, Canalis centralis** (FLETCHER, 2013; KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Dieser wird von Ependym ausgekleidet und ist am Conus medullaris zum **Ventriculus terminalis** erweitert (FLETCHER, 2013; STOFFEL, 2011b). Der streng bilateral symmetrische Aufbau des Rückenmarks lässt sich von außen anhand von zwei in der Medianebene verlaufenden Längsrillen erkennen (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Zum einen ist das die tiefe, bis fast zum Zentralkanal einschneidende **ventrale Medianspalte, Fissura mediana [ventralis]**, zum anderen die seichte **dorsale Medianfurche, Sulcus medianus [dorsalis]**. Von letzterer senkt sich ein bis zur grauen Substanz hinabreichendes Gliaseptum, das **Septum medianum dorsale**, zwischen die beiden Dorsalstränge ein (FLETCHER, 2013; KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004c; STOFFEL, 2011b). Beidseits des Sulcus medianus dorsalis verläuft der **Sulcus lateralis dorsalis**, entlang welchem die Dorsalwurzeln der Spinalnerven ins Rückenmark gelangen. Die Ventralwurzeln treten am **Sulcus lateralis ventralis** aus dem Rückenmark aus (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Dieser tritt beiderseits der Fissura mediana ventralis nur als schmales längsverlaufendes Porenfeld in Erscheinung und wird deshalb nicht als Furche bezeichnet (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Im Halsmark und laut Seiferle et al. (2004c) auch im vorderen Brustmark, kann man zwischen dem Sulcus medianus dorsalis und dem Sulcus lateralis dorsalis einen mehr oder weniger deutlichen **Sulcus intermedius dorsalis** erkennen (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004c; STOFFEL, 2011b; STOFFEL und BUDRAS, 2012). Durch die drei über die ganze Länge des Rückenmarks verlaufenden Furchen wird die **weiße Substanz** des Rückenmarks, **Substantia alba**, in je zwei dorsale und ventrolaterale Hauptstränge unterteilt (SEIFERLE und BÖHME, 2004c; STOFFEL, 2011b). Der **Dorsalstrang, Funiculus dorsalis**, liegt zwischen dem Sulcus medianus dorsalis und dem Sulcus lateralis dorsalis (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Der **Ventrolateralstrang, Funiculus ventrolateralis***, wird vom Sulcus lateralis dorsalis und der Fissura mediana ventralis begrenzt. Durch den meist nur undeutlich

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

erkennbaren Sulcus lateralis ventralis könnte man ihn wiederum in einen **Seitenstrang, Funiculus lateralis**, und einen **Ventralstrang, Funiculus ventralis**, unterteilen (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Ventral zwischen den beiden Rückenmarkshälften liegt die **Commissura alba** (KÖNIG et al., 2009a). Die **graue Substanz, Substantia grisea**, umgibt den Zentralkanal als **Substantia intermedia centralis** und dehnt sich als **Columnae dorsales*** und **ventrales*** in die periphere weiße Substanz aus, wodurch im Querschnitt die typische Schmetterlingsform der grauen Substanz entsteht. Im Thorakolumbalmark, zwischen Th₁ und L₄, sowie im Sakralmark, zwischen S₁ und S₃, kommen die **Columnae laterales*** hinzu (STOFFEL, 2011b). Im zweidimensionalen Querschnitt werden die Säulen als Hörner: **Cornu dorsale**, **Cornu ventrale** und **Cornu laterale** bezeichnet (KÖNIG et al., 2009a; STOFFEL und BUDRAS, 2012).

2.3.5.2 Die Rückenmarksnerven

Die paarigen **Rückenmarks-/ Spinalnerven, Nn. spinales**, entspringen in ziemlich regelmäßigen Abständen aus dem Rückenmark. Sie erhalten dabei ihren Namen von den jeweiligen Wirbelsäulenabschnitten, in welchen sie den Wirbelkanal verlassen: **Nn. cervicales**, **Nn. thoracici**, **Nn. lumbales**, **Nn. sacrales** und **Nn. caudales** (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Ihre Anzahl stimmt mit der entsprechenden Anzahl der Wirbel in diesem Segment überein (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Eine Ausnahme bilden dabei die Hals- und Schwanznerven, da 8 Halsnerven bei nur 7 Halswirbeln, dagegen jedoch nur 5 Schwanznerven bei durchschnittlich 20 Schwanzwirbeln ausgebildet sind (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Als Abkürzung erhält jeder Nerv dabei die Zahl sowie das Symbol (**C**ervical, **T**horacal, **L**umbal, **S**acral, **C**audal) desjenigen Wirbels, durch dessen Incisura vertebralis er den Wirbelkanal verlässt. Eine Ausnahme bilden hier wiederum die Halsnerven: da der 1. Halsnerv durch das Foramen vertebrale laterale des Atlas austritt „rutschen“ die folgenden Halsnerven um einen Wirbel nach vorne (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Der 8. Halsnerv zieht somit durch das Foramen intervertebrale zwischen dem 7. Hals- und 1. Brustwirbel (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Daraus ergibt sich folgendes

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Spinalnerven-Schema: C₁-C₈, Th₁-Th₁₃, L₁-L₇, S₁-S₃, Ca₁-Ca₅ (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Der Hund besitzt somit für gewöhnlich 36 Spinalnervenpaare (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d).

Die Spinalnerven gehen aus dem Rückenmark mit zwei morphologisch selbständigen und funktionell verschiedenwertigen Wurzeln hervor. Die sensible **Dorsalwurzel, Radix dorsalis**, führt afferente, somato- und viscerosensible Fasern, die motorische **Ventralwurzel, Radix ventralis**, besteht dagegen aus efferenten, somato- und visceromotorischen Neuronen (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Jede Wurzel setzt sich dabei laut Seiferle et al. aus ca. 3-13, laut Fletcher aus 2-12 zarten **Wurzelfäden, Fila radicularia**, zusammen, die in den Wurzelzonen entspringen (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Die Wurzelfäden der Dorsalwurzel verlassen das Rückenmark in einer fortlaufenden Reihe als stärkere aber dafür spärlichere Fäden im Sulcus lateralis dorsalis, während die der Ventralwurzel als zarte und zahlreiche Fäden fächerförmig in 2-3 Längsreihen entspringen. Im Bereich der Hals- und der Lendenschwellung sowie am Conus medullaris sind die Wurzelfäden besonders dicht aufgereiht. Nach ihrem Ursprung ziehen sie intradural konvergierend bis zur Durapforte, wo sie die Arachnoidea und den Duraschlauch durchbohren und unter Mitnahme einer Durascheide extradural zum entsprechenden Zwischenwirbelloch verlaufen. Dadurch, dass sich die Wurzelzone, die Durascheide und die Austrittsstelle aus dem Wirbelkanal durch den Ascensus medullae spinalis topographisch meist nicht auf gleicher Höhe befinden, zeigen die intraduralen, insbesondere aber die extraduralen Anteile der Spinalnervenwurzeln im Bereich von C₆-Th₁₂ und ab L₂ häufig keinen rein transversalen, sondern einen kaudolateralen und am Schluss einen rein kaudalen Verlauf. Außerhalb des Duraschlaches vereinigen sich die Ventral- und die Dorsalwurzel gewöhnlich kurz vor oder beim Durchtritt durch das Zwischenwirbelloch miteinander zum maximal gemischtfasrigen **Stamm des Spinalnerven, Truncus n. spinalis*** (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Dieser enthält neben somatomotorischen und –sensiblen zusätzlich auch die postganglionären, sympathischen Fasern (visceromotorisch und –sensibel) der Rr. communicantes grisei* (s.u.) (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Unmittelbar vor der Vereinigung der beiden Wurzeln ist in der Dorsalwurzel das plump-spindelförmige, rötlich-grau

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

gefärbte **Spinalganglion, Ganglion spinale**, zu finden (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Eine Ausnahme bilden dabei die sehr kleinen Ganglien der Kreuz- und Schwanznerven, die sich innerhalb des Wirbelkanals in den Nervensträngen der Cauda equina befinden. Diese kleinen Ganglien können makroskopisch aber auch fehlen, wenn die Ganglienzellen, wie es gelegentlich auch beim 1. Halswirbel der Fall ist, nur in Form größerer oder kleinerer Zellnester als **Ganglia aberrantia*** zwischen die Wurzelfäden eingestreut sind (SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Die Größe der Spinalganglien ist von der Anzahl der afferenten Fasern abhängig (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Im Bereich der Intumescentia cervicalis sind sie meist am stärksten ausgebildet und bilden hier plattenartige Konglomerate (SEIFERLE und BÖHME, 2004c).

Im Halsmark existiert noch eine dritte Wurzel, die Radix spinalis des XI. Gehirnnerven, N. accessorius. Diese verlässt als laterale Wurzel, bis in die Wurzelzonen des (6.) 7. (8.) Halsnerven hinein das Rückenmark (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Ihre zarten Fila radicularia entspringen seitlich am Rückenmark, dorsal des Lig. denticulatum, und vereinigen sich zu einem kranial immer stärker werdenden Nervenstrang (SEIFERLE und BÖHME, 2004c; STOFFEL, 2011b), welcher durch das Foramen magnum in die Schädelhöhle eintritt und sich mit der Radix cranialis des N. accessorius verbindet (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004c).

Nachdem der Truncus n. spinalis den Wirbelkanal verlassen hat, teilt er sich in einen **Dorsalast, Ramus dorsalis**, einen **Ventralast, Ramus ventralis**, einen **Ramus meningeus** und einen **R. communicans** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004d; STOFFEL, 2011b). Die **Rr. meningei** sind zarte Nervenfasern, die noch im Bereich, oder außerhalb des Zwischenwirbellochs vom Spinalnervenstamm abzweigen (SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Sie treten rückläufig wieder in den Wirbelkanal ein, wo sie die Rückenmarkshäute und die Gefäße des Wirbelkanals mit sensiblen und vegetativen Fasern versorgen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Zusätzlich werden auch die Zwischenwirbelscheiben und das Lig. longitudinale dorsale von ihnen innerviert

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

(EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SALOMON, 2008c). Innerhalb des Wirbelkanals vereinigen sich die Äste benachbarter Rr. meningei zum **Plexus meningeus**. Die **Rr. communicantes** bestehen aus zwei Anteilen, die sich nicht immer scharf voneinander trennen lassen, da ihre Fasern zum Teil einen gemeinsamen Verlauf nehmen. Über den **Ramus communicans griseus*** treten marklose (graue), sympathische Fasern aus den Ganglien des Grenzstranges in den Spinalnerven ein. Die Halsnerven C₂-C₇ erhalten ihre Rr. communicantes grisei über den Sammelstamm des N. vertebralis, welcher im Canalis transversarius verläuft. Im Brust- und im Lendenbereich wird vom Truncus n. spinalis zusätzlich der **Ramus communicans albus*** abgegeben, welcher dem Grenzstrang efferente, markhaltige (weiße) sowie afferente, viscerosensible Fasern zuführt (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Die **Dorsal-** und **Ventraläste** innervieren die Skelettmuskulatur, die Gelenke, das Periost, die Sehnen, die Bänder sowie die Haut des Stammes und der Gliedmaßen. Die Dorsal- und Ventraläste teilen sich in ihrem weiteren Verlauf grundsätzlich jeweils in einen medialen und einen lateralen Ast, **R. medialis** und **R. lateralis** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Die Rr. mediales der Rr. dorsales versorgen in der Regel die dorsale Hals- und Rückenmuskulatur, wobei ihre Rr. laterales vor allem die Haut innervieren (KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Die meist stärker ausgebildeten Ventraläste verhalten sich dagegen regional verschieden und innervieren die gesamte ventrale Stammesmuskulatur und die entsprechenden Hautbezirke sowie die Muskulatur und die Haut der Gliedmaßen. Sie können sich dabei zu größeren Nervengeflechten verbinden und werden im Folgenden genauer beschrieben (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die Spinalnerven und ihre Äste verlaufen meist zusammen mit Blutgefäßen durch lockeres, oft sehr fettreiches Bindegewebe, in dem sie gegen mechanische Einwirkungen weitgehend geschützt sind. Um bei Muskelkontraktionen nicht gequetscht zu werden, verlaufen sie meist in den Zwischenmuskelspalten, wo sie sich verschieben können. Um Zerrungen bei Verschiebungen der Haut oder größeren Bewegungsausschlägen zu vermeiden, zeigen viele Nerven, primär aber ihre feineren Verzweigungen, einen mehr oder weniger geschlängelten Verlauf (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Die Haut des Rückens wird nach folgendem Schema innerviert: Rr. cutanei dorsales zweigen von den Medialästen der jeweiligen Dorsaläste von C₃-C₆ ab. Rr. cutanei laterales und mediales zweigen von den Lateralästen der jeweiligen Dorsaläste der Brust- und Lendennerven ab. Rr. cutanei laterales zweigen im Bereich von Th₂-Th₁₀ zusätzlich von den Ventralästen der entsprechenden Spinalnerven ab (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Hautbezirke, die von einem Spinalnerven innerviert werden, werden als Dermatome bezeichnet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SALOMON, 2008c). Jedes Spinalnervenpaar versorgt dabei einen gürtelförmigen Hautbezirk (STOFFEL, 2011b), welche so angeordnet sind, dass sie jeweils mit den kranial und kaudal angrenzenden Dermatomen überlappen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d).

2.3.5.2.1 Die Halsnerven

Der Hund besitzt acht **Halsnervenpaare, Nn. cervicales** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004c). Die **Dorsaläste des 3. - 6. Halsnerven** vereinigen sich durch schlingenartige Anastomosen zum **Plexus cervicalis dorsalis***. Ihre **Rr. mediales** sind grundsätzlich sensibel und versorgen die Haut dorsal am Hals. Sie geben zusätzlich aber auch motorische Fasern an den M. spinalis, M. semispinalis und die Mm. multifidi ab. Die **Rr. laterales** innervieren den M. splenius, den M. iliocostalis cervicis, den M. longissimus cervicis, die Mm. intertransversarii und den M. semispinalis capitis mit motorischen Fasern. Die Halsnerven besitzen keine dorsolateralen Hautäste (SEIFERLE und BÖHME, 2004d) und laut Stoffel (2011b) und Evans et al. (2013d) besitzen die Dorsaläste von C₁, evtl. auch C₂ (Evans et al.), C₇ und C₈ überhaupt keine Hautäste. Die **Ventraläste der vier bis fünf kranialen Halsnerven** verbinden sich zum **Plexus cervicalis ventralis***. Die **Rr. ventrales der ersten sechs Halsnerven** innervieren zusätzlich den M. longus capitis sowie den M. longus colli, die Mm. scaleni und die Halsportionen des M. rhomboideus und M. serratus ventralis (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Der **N. phrenicus** wird von den Wurzeln des 5. - 7. Halsnerven gebildet (KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004d; STOFFEL, 2011b). Die Hautinnervation des Halses übernehmen vor allem die Rr. laterales der **Ventraläste des 2. - 6. Halsnerven** (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Der **erste Halsnerv, N. cervicalis I**, tritt durch das Foramen vertebrale laterale des Atlas aus dem Wirbelkanal aus (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Sein **R. dorsalis** teilt sich nicht in einen medialen und lateralen Ast auf und besitzt auch keinen Ast zur Innervation der Haut (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; STOFFEL, 2011b). Der R. dorsalis zieht als **N. suboccipitalis** zwischen dem M. obliquus capitis caudalis und dem M. rectus capitis dorsalis major dorsolateral und gibt kleinere Zweige an die Mm. rectus capitis dorsalis major und minor sowie die Mm. obliquus capitis cranialis und caudalis und an das kraniale Ende des M. semispinalis capitis sowie des M. splenius ab (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). In der Genickgegend tritt er laut Seiferle et al. (2004d) als Hautast an die Oberfläche und innerviert hier als **N. occipitalis** die mediale Fläche des Rückens der Ohrmuschel sowie die Kopfhaut zwischen den Ohren. Der **R. ventralis** zieht über die Incisura alaris in die Atlasflügelgrube, wobei er motorische Fasern an den M. longus capitis, den M. rectus capitis ventralis, den M. rectus capitis lateralis sowie einen vegetativen Ast an die Schilddrüse abgibt. Durch eine ventral vom Atlasflügel zum 2. Halsnerven laufende Nervenschleife steht der 1. Halsnerv mit dem Plexus cervicalis ventralis (SEIFERLE und BÖHME, 2004d) und über die Ansa cervicalis mit dem N. hypoglossus in Verbindung (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004d; STOFFEL, 2011b). Zusammen innervieren sie den M. sternohyoideus und den M. sternothyreoideus motorisch (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Der **zweite Halsnerv, N. cervicalis II**, verlässt den Wirbelkanal über die Incisura vertebralis cranialis des Axis (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Sein **R. dorsalis** innerviert als **N. occipitalis major** den M. obliquus capitis caudalis und zieht in einem kaudal verlaufenden Bogen um den kaudalen Gelenkfortsatz des Axis herum, um hier Muskeläste in den M. semispinalis capitis (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d) und die kranialen Anteile des M. splenius abzugeben (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Daraufhin verläuft er in kraniodorsaler Richtung unter dem M. semispinalis capitis neben dem Lig. nuchae kranial und innerviert die Haut der Genick- und vorderen Nackengegend (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Der **R. ventralis** verbindet sich mit den Rr. ventrales des 1. und des 3. Halsnerven. Nachdem er mit kleinen Zweigen den M. cleidocephalicus und den M. sternocephalicus vermutlich sensibel innerviert hat, gibt er den **N. auricularis magnus** ab, welcher über den Rand des Atlasflügels hinweg bis zum

Grund der Ohrmuschel zieht, sich hier mit dem N. auricularis caudalis des N. facialis verbindet und die laterale Außenfläche der Ohrmuschel sensibel innerviert. Zarte Äste gelangen dabei durch Löcher des Muschelknorpels auch an die Innenfläche der Ohrmuschel (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Als besonders starker Hautast isoliert sich schließlich der **N. transversus colli**, welcher zusätzlich Fasern vom 3. Halsnerven bezieht und sich mit dem R. cutaneus colli des N. facialis verbindet. Er verzweigt sich in mehrere Äste, von denen einige zur Haut des Kehlganges und zur Massetergegend ziehen, während ein kräftiger Ast, der von den übrigen Halsnerven auch noch verstärkt wird, an der Drosselrinne entlang brustwärts verläuft, um hier die Haut zu innervieren. Durch die beigemischten Fasern des N. facialis versorgt er zusätzlich die Hautmuskulatur (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die **dritten, vierten und fünften Halsnerven, Nn. cervicales III, IV und V**, verlassen den Wirbelkanal über die Forr. intervertebralia. Ihre **Rr. dorsales** verbinden sich mit dem Plexus cervicalis dorsalis und versorgen so die dorsale Halsmuskulatur (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Bevor sie sich in einen medialen und lateralen Ast teilen, geben sie Äste an die Halsportion der Mm. multifidi ab (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Die **Rr. mediales** ziehen nahe der Mittelebene zur Haut und breiten sich über den Nackenrand des Halses aus, um hier die Haut zu innervieren (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Der **R. lateralis** des 3. dorsalen Hautnerven innerviert die mittlere Portion des M. complexus, die Rr. laterales des 4. und 5. die mittleren Anteile des M. biventer cervicis. Die mittleren und kaudalen Anteile des M. splenius werden von Ästen des 3. und 4. Halsnerven innerviert (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Die **Rr. ventrales** innervieren die Mm. intertransversarii ventrales, den M. longus capitis, die Pars cervicalis des M. longus colli und die Mm. scaleni. Ungefähr auf der Mitte der seitlichen Halsfläche treten sie unter die Haut und teilen sich in mehrere dorsale und ventrale Äste auf (SEIFERLE und BÖHME, 2004d), um die Haut der lateralen und ventralen Halsgegend als **Nn. supraclaviculares** zu versorgen (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Der R. ventralis des 5. Halsnerven entlässt die vorderste Wurzel des N. phrenicus (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die **sechsten, siebten und achten Halsnerven, Nn. cervicales VI, VII und VIII**, treten ebenfalls über Forr. intervertebralia aus dem Wirbelkanal aus. Während sich der **Dorsalast** des 6. Halsnerven wie der des 5. verhält, verlaufen die Rr. dorsales des 7. und 8. zwischen der Halsportion der Mm. multifidi und dem M. longissimus cervicis dorsal. Dabei innervieren sie die eben genannten Muskeln sowie den

M. semispinalis capitis, den M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis, den M. longissimus capitis, den M. longissimus atlantis und den M. splenius. Ihre Endzweige versorgen die Haut des dorsolateralen Nacken- und Halsgebietes vor dem Widerrist. Die **Rr. ventrales** dieser drei Halsnerven sind alle an der Bildung des **Armgeflechts, Plexus brachialis**, beteiligt, welches die Schultergliedmaße sowie Teile der Schultergürtelmuskulatur und der Rumpfwand innerviert. Der Ventralast des 6. Halsnerven gibt zusätzlich Zweige an den M. rhomboideus, den M. serratus ventralis cervicis, die Mm. intertransversarii und den M. longus colli sowie die mittlere Wurzel des N. phrenicus ab. Außerdem entlässt er mit dem **N. supraclavicularis** einen kräftigen Hautnerven, der sich stark in der vorderen Schulter- und Buggelenksregion sowie der Vorderbrust verzweigt. Die Ventraläste des 7. und 8. Halsnerven entlassen keine direkten Zweige an die Haut. Während der 7. Halsnerv die kaudale Wurzel des N. phrenicus sowie Verbindungsäste zum 6. und 8. Halsnerven und dem Plexus brachialis abgibt, tritt der 8. Halsnerv nur mit dem Armgeflecht in Verbindung (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

2.3.5.2.2 Die Brustnerven

Die 13 **Brustnervenpaare, Nn. thoracici**, welche bis auf den ersten bedeutend schwächer als die Halsnerven ausgebildet sind, entsprechen der Anzahl der Brustwirbel (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die **Dorsaläste** der Brustnerven teilen sich in Rr. mediales und Rr. laterales. Die **Rr. mediales** innervieren vorwiegend die langen und kurzen Rückenmuskeln motorisch (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Sie verlaufen dorsolateral, parallel zu den Dornfortsätzen und etwas kaudal von ihnen und versorgen die Mm. multifidi, die Mm. rotatores, den M. longissimus sowie den M. spinalis et semispinalis thoracis et cervicis (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Die **Rr. laterales** dienen überwiegend der Hautinnervation und besitzen eine motorische Komponente für die Mm. levatores costarum (SEIFERLE und BÖHME, 2004d) sowie den M. iliocostalis. Sie verlaufen kaudolateral in einem 45° Winkel zur Sagittalebene (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d), wobei die Lateraläste der ersten drei Brustnerven durch das Schulterblatt medial abgedrängt werden und deshalb zu den Brustwirbeldornfortsätzen aufsteigen, wo sie sich in der Haut der Widerrist- und dorsalen Schultergegend verzweigen. Ab dem 4. Brustnerven ziehen die Lateraläste zwischen dem M. iliocostalis und dem M. longissimus thoracis zur Oberfläche (SEIFERLE und BÖHME, 2004d) und gabeln

sich hier in einen zarten, dorsal aufsteigenden **R. cutaneus medialis** und einen stärkeren, absteigenden **R. cutaneus lateralis** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Die Rr. cutanei laterales innervieren mit kaudoventraler Verlaufsrichtung einen Großteil der Haut der seitlichen Brust- und Bauchwand und werden auch als **1. Hautast** der Brustnerven bezeichnet. Beim Hund geben die Rr. dorsales oft einen zusätzlichen **R. intermedius** ab, welcher den M. longissimus thoracis innerviert (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die **Ventraläste** der Brustnerven werden, bis auf den letzten, als **Zwischenrippennerven, Nn. intercostales**, bezeichnet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Sie ziehen am Kaudalrand der dazugehörigen Rippe ventral (SEIFERLE und BÖHME, 2004d), werden aber von den dazwischen liegenden Aa. und Vv. intercostales von der selbigen getrennt (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Die Rr. ventrales der ersten beiden Brustnerven beteiligen sich zusätzlich an der Bildung des Armgeflechtes. Der schwache N. intercostalis I versorgt den M. intercostalis internus und den M. intercostalis externus des ersten Zwischenrippenraumes. Die Nn. intercostales I-VI liegen nahezu vollständig subpleural, während sich die kaudal folgenden mehr und mehr unter die Mm. intercostales interni schieben bis der N. intercostalis XII schließlich ganz von der Pleura abgerückt ist. Mit Ausnahme des ersten N. intercostalis teilen sich die übrigen Zwischenrippennerven für gewöhnlich in folgende Äste auf: den R. musculi intercostalis externi*, den R. lateralis und den R. medialis (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Der **R. musculi intercostalis externi** zweigt bald nach dem Ursprung des Ventralastes von diesem ab, um den M. intercostalis externus zu innervieren. Der fortlaufende Nervenstamm teilt sich daraufhin in einen R. lateralis und einen R. medialis. Je weiter kaudal der Nerv liegt, desto weiter ventral befindet sich diese Aufzweigung (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Nach Abgabe von Muskelästen durchstößt der **R. lateralis** als **R. perforans*** die Mm. intercostales am unteren Rand des M. serratus ventralis und gibt Zweige an den M. obliquus externus abdominis und vermutlich sensible Fasern an den M. cutaneus trunci ab. Anschließend verzweigt er sich durch auf- und absteigende Äste in der Haut der seitlichen Brust- und Bauchwand. Dabei verbindet sich der **R. cutaneus lateralis**, der auch als **2. Hautast** der Brustnerven bezeichnet wird, meist unter dem

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

Rumpfhautmuskel mit Ästen der Nn. pectorales caudales und des N. thoracicus lateralis. Aus solchen Verbindungen des 2. und 3. R. cutaneus lateralis der Interkostalnerven mit Ästen des N. thoracicus lateralis geht der **N. intercostobrachialis** hervor, welcher Teile des M. cutaneus trunci motorisch und Teile der Regio tricipitalis sensibel innerviert (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Zusätzlich geben die Rr. cutanei laterales die **Rr. mammarii laterales** ans Gesäuge ab (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die **Rr. mediales** der Nn. intercostales ziehen zwischen der Pleura und den inneren Zwischenrippenmuskeln ventral und zweigen dabei Äste an die Mm. intercostales interni und den M. transversus thoracis ab. Ab dem 2. Interkostalraum gibt der R. medialis im Bereich der wahren Rippen den **3. Hautast** der Brustnerven, den **R. cutaneus ventralis**, ab, der die Brustmuskulatur durchbohrt und die Haut ventral und lateral des Brustbeins innerviert (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Laut Evans et al. (2013d) treten diese Hautäste von Th₂-Th₁₀ auf. Zusätzlich geben die Rr. cutanei ventrales die **Rr. mammarii mediales** an das Gesäuge ab (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Im Bereich der falschen Rippen verzweigen sich die Rr. cutanei ventrales im M. transversus abdominis, dem M. rectus abdominis sowie dem M. obliquus internus abdominis und versorgen die ventrale Bauchhaut bis zum Präputium, bzw. dem Euter mit sensiblen Fasern (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Der Ventralast des 13. und damit letzten Brustnerven versorgt als **N. costoabdominalis** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d) die kranialen Abschnitte des M. quadratus lumborum und der Psoasmuskulatur (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Er teilt sich in einen lateralen und einen medialen Ast, die sich genauso wie die der kaudal anschließenden Lendennerven verhalten. Der Lateralast gibt einen R. cutaneus lateralis ab, welcher einen Hautstreifen bis zur Linea alba innerviert (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d).

2.3.5.2.3 Die Lendennerven

Beim Hund sind entsprechend der Anzahl der Lendenwirbel sieben **Lendennervenpaare, Nn. lumbales**, ausgebildet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Die ersten zwei bis drei Lendennerven stimmen in ihrer Stärke etwa mit den Brustnerven überein und die kaudal folgenden nehmen dann rasch an Dicke zu. Wie auch die anderen

Spinalnerven teilen sie sich kurz nach ihrem Austritt aus dem Wirbelkanal in einen dorsalen und einen ventralen Ast (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die schwächer ausgebildeten **Rr. dorsales** innervieren mit ihren **Rr. mediales** die Rückenstrecker der Lendengegend (KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004d), genauer den M. longissimus lumborum, die Lendenportionen der Mm. multifidi und Mm. interspinales. Die **Rr. laterales** ziehen zwischen dem M. longissimus und dem M. iliocostalis hindurch und geben dabei Äste an den M. iliocostalis lumborum ab (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Sie ziehen weiter zur Haut und teilen sich hier in je einen **R. cutaneus medialis** und einen **R. cutaneus lateralis** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Die Rr. cutanei laterales werden auch als **1. Hautast** der Lendennerven bezeichnet (SEIFERLE und BÖHME, 2004d) und verzweigen sich als **Nn. clunium craniales** in der Haut der Lenden- und vorderen Kruppegegend (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; KÖNIG et al., 2009a; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Diese Hautäste können beim 4. Lendennerven aber auch manchmal fehlen (BAILEY et al., 1988; HAGHIGHI et al., 1991). Beim Hund können die Rr. dorsales, wie auch schon bei den Brustnerven, einen zusätzlichen **R. intermedius** abgeben, welcher den M. longissimus lumborum innerviert (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die zum Teil sehr kräftig ausgebildeten **Ventraläste** der Lendennerven bilden zusammen das **Lendengeflecht, Plexus lumbalis**, welches mit dem Plexus sacralis zum **Lendenkreuzbeingeflecht, Plexus lumbosacralis**, zusammengefasst wird (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Dieses versorgt die Muskeln der Bauchwand, des Beckens und der Hintergliedmaße sowie die entsprechenden Hautbezirke mit Mamma und Geschlechtsorganen. Die Ventraläste der ersten beiden Lendennerven, **N. iliohypogastricus cranialis** und **N. iliohypogastricus caudalis**, sind nicht untereinander oder mit anderen Nerven verbunden und beteiligen sich somit auch nicht an der Plexusbildung. Sie verhalten sich in ihrem Verlauf prinzipiell wie die Brustnerven indem sie sich in einen R. lateralis und einen R. medialis teilen (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

2.3.5.2.4 Die Kreuznerven

Entsprechend der Anzahl der Kreuzwirbel sind beim Hund drei **Kreuznerven, Nn. sacrales**, ausgebildet (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Sie entspringen dicht hintereinander aus dem kaudalen Ende des

Rückenmarks und tragen, indem sie zunächst mit diesem parallel im Wirbelkanal kaudal verlaufen, zur Bildung der Cauda equina bei. Die Aufteilung in Dorsal- und Ventraläste erfolgt bereits im Wirbelkanal (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die schwach ausgebildeten **Dorsaläste** treten durch die Forr. sacralia dorsalia und durch das For. intervertebrale zwischen dem letzten Kreuz- und dem 1. Schwanzwirbel aus dem Wirbelkanal aus (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Die Rr. dorsales sind über kleine Äste untereinander verbunden und formen so einen schwachen **Plexus sacralis dorsalis*** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Ihre **Rr. mediales** innervieren die dorsalen Schwanzmuskeln (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d) und die hintersten Zacken der Mm. multifidi. Die **Rr. laterales** verzweigen sich als **Nn. clunium medii** in der Haut der hinteren Kruppen- und Oberschenkelgegend (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die bedeutend stärkeren **Ventraläste** verlassen den Wirbelkanal durch die Forr. sacralia ventralia und durch das For. intervertebrale zwischen dem letzten Kreuz- und dem 1. Schwanzwirbel (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Sie bilden (zusammen mit dem Ventralast des letzten Lendennerven (SEIFERLE und BÖHME, 2004d)) das **Kreuzgeflecht, Plexus sacralis** (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

2.3.5.2.5 Die Schwanznerven

Der Hund besitzt fünf **Schwanznervenpaare, Nn. caudales**, welche dicht hintereinander aus dem Conus medullaris des Rückenmarks entspringen und im Wirbelkanal kaudal ziehen. Dabei umschließen sie als gebündelte Nervenstränge der Cauda equina das Filum terminale (SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Der 1. Schwanznerv verlässt den Wirbelkanal zwischen dem 1. und dem 2. Schwanzwirbel und zweigt sich, wie auch die folgenden Nn. caudales, in einen Dorsal- und einen Ventralast auf (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

Die **Rr. dorsales** und **Rr. ventrales** stehen durch Schlingen miteinander und mit den entsprechenden Ästen der letzten Kreuznerven in Verbindung. So entsteht auf beiden Körperseiten ein dorsales und ein ventrales Nervengeflecht, Plexus caudalis

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

dorsalis und Plexus caudalis ventralis, welche die Aa. caudales dorsolateral und ventrolateral begleiten (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d; SEIFERLE und BÖHME, 2004d). Sie geben Rr. musculares an die umliegenden Muskeln und Rr. cutanei an die Haut ab (EVANS und DE LAHUNTA, 2013d). Der **Plexus caudalis dorsalis** liegt dorsal der Querfortsätze zwischen dem M. sacrocaudalis dorsalis lateralis und den Mm. intertransversarii und lässt sich bis zur Schwanzspitze verfolgen. Er gibt dabei Äste ab, welche die Heber und Seitwärtszieher des Schwanzes sowie die Haut an der Dorsalseite des Schwanzes versorgen. Der **Plexus caudalis ventralis** ist aus stärkeren Nervensträngen zusammengesetzt und liegt nahe der Wirbelkörper zwischen dem M. sacrocaudalis ventralis lateralis und den Mm. intertransversarii. Er innerviert die Nieder- und Seitwärtszieher des Schwanzes und gibt außerdem Äste an die Haut an der Unterseite des Schwanzes ab. Die Ventraläste der Schwanznerven setzten sich zusätzlich über zarte **Rami communicantes** mit dem Schwanzteil des Truncus sympathicus in Verbindung (SEIFERLE und BÖHME, 2004d).

2.3.5.3 Die Hüllen des Rückenmarks

Das Rückenmark wird von drei häutigen Hüllen, den Meninges, umgeben. Zu den **weichen Rückenmarkshäuten, der Leptomeninx***, gehören die dem Rückenmark unmittelbar aufliegende **Pia mater spinalis** und die **Arachnoidea spinalis**. Letztere ist durch das Neurothel* mit der **Dura mater spinalis** verbunden, welche zur **harten Rückenmarkshaut, der Pachymeninx***, gehört (FLETCHER, 2013; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004b; STOFFEL, 2011c).

Das zarte, dem Rückenmark direkt aufliegende, gefäßhaltige Häutchen, **die Pia mater spinalis**, ist mit der Membrana limitans gliae superficialis* eng verbunden (FLETCHER, 2013; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004b; STOFFEL, 2011c) und umhüllt die Wurzeln der ein- und austretenden Spinalnerven (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Auf ihrer Außenseite wird sie von einem einschichtigen Plattenepithel, dem **Neurothel**, bedeckt (STOFFEL, 2011c). Als zarte Scheide begleitet die Pia mater spinalis die von der Oberfläche ins Rückenmark eindringenden bzw. austretenden Blutgefäße (SEIFERLE und BÖHME, 2004b;

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

STOFFEL, 2011c), wobei sie dabei laut Seiferle et al. (2004b) nicht vom Cavum subarachnoideale begleitet wird, sondern der Liquor cerebrospinalis über Lücken im Mesothel in die perivaskulären Spalten (Virchow-Robinscher Raum) eindringt. Die Pia mater spinalis gibt radiäre, gefäßführende Septen in die weiße Substanz ab und füllt die Fissura mediana ventralis bis zur Commissura alba aus. Längs dieser Fissur ist sie zum **Ligamentum medianum ventrale** verdickt, in welchem die A. spinalis ventralis eingebettet ist. Das Band lässt sich über die ganze Länge des Rückenmarks verfolgen, ist aber besonders im kranialen Halsmark und im Bereich der Intumescentia lumbalis verstärkt (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Die Pia mater spinalis bildet auf beiden Seiten des Rückenmarks ein **gezahntes Band, Ligamentum denticulatum**, aus (FLETCHER, 2013; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004b; STOFFEL, 2011c). Dieses verläuft zwischen den dorsalen und ventralen Nervenwurzeln als rundlicher, derbfibröser Strang vom verlängerten Mark bis zum Conus medullaris und wird auch als **seitliches Rückenmarksband** bzw. **Randleiste** bezeichnet. Von diesem werden, meist zwischen je zwei Spinalnervenabgängen bzw. dem letzten Gehirn- und dem 1. Halsnerven, dreieckige Zacken an die innere Seitenwand der Dura mater abgegeben. Die kaudalen Zacken gehen vom Conus medullaris ab und sind zu dünnen, saitenartigen Fäden ausgezogen (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Dieses Band dient der Aufhängung des Rückenmarks im Duraschlauch (FLETCHER, 2013; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004b; STOFFEL, 2011c; STOFFEL und BUDRAS, 2012). Am kranialen Ende des 1. Halssegmentes befindet sich eine breite, sehnenartige Bandplatte, das **Ligamentum suspensorium arachnoideale***, welches mit der Pia mater verschmolzen ist. Es umgreift die ventrale Wölbung des Rückenmarks und heftet sich auf beiden Körperseiten an der Insertionsstelle der 1. Zacke des Lig. denticulatum in der Nähe des Canalis n. hypoglossi an der Schädelwand an (SEIFERLE und BÖHME, 2004b).

Die dünne, bindegewebige **Spinnwebenhaut, Arachnoidea spinalis**, liegt der Dura mater von innen an und steht mit der Pia mater spinalis über zarte gefäßfreie Kollagenfaserbündel in Verbindung (SALOMON, 2008c; STOFFEL, 2011c). Die Bindegewebsbälkchen sind, bis auf die bandartigen Verstärkungen, die sich vor allem in der dorsalen Medianebene zwischen Arachnoidea spinalis und Pia mater

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

spinalis befinden, nur lose mit der Rückenmarksoberfläche verbunden (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Diese Trabekel werden, wie auch schon die Außenfläche der Pia mater spinalis, von einem einschichtigen Plattenepithel, dem **Neurothel**, überzogen (STOFFEL, 2011c). Auch zwischen Dura mater und Arachnoidea ist ein Neurothel ausgebildet (SEIFERLE und BÖHME, 2004b; STOFFEL, 2011c). Dieses besteht laut Stoffel (2011c) aus einem einschichtigen Plattenepithel, laut Seiferle et al. (2004b) aus mehreren Lagen flacher Zellen, die sich leicht voneinander trennen lassen. Durch eine Spaltbildung bei pathologischen Zuständen wie z. B. Blutungen wird so ein **Subduralraum, Cavum subdurale**, vorgetäuscht (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Vor allem post mortem ist dieser Subduralraum durch den Zerfall des Neurothels zu finden (STOFFEL, 2011c). Laut Fletcher (2013) entsteht dieser Raum zwischen den abgeflachten Fibroblasten der Innenseite der Dura mater und den abgeflachten Fibroblasten der direkt anliegenden Arachnoidea, die intra vitam über Desmosomen miteinander verbunden sind.

Zwischen den beiden Blättern der Leptomeninx liegt der von Trabekeln durchzogene **Subarachnoidealraum, das Cavum subarachnoideale** (STOFFEL, 2011c; STOFFEL und BUDRAS, 2012). Dieser steht über die Aperturæ laterales ventriculi quarti* (Forr. Luschkae) mit dem Binnenraumsystem des Gehirns in Verbindung und ist deshalb mit Liquor cerebrospinalis gefüllt (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Somit ist das Rückenmark in einen Flüssigkeitsmantel eingebettet, der dieses empfindliche Organ sowohl gegen äußere, mechanische Einwirkungen als auch gegen die Schwerkraft schützt (SEIFERLE und BÖHME, 2004b; STOFFEL, 2011c) und bei lokalen Druckanstiegen einen hydrodynamischen Ausgleich ermöglicht (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). An manchen Stellen ist das Cavum subarachnoideale dermaßen erweitert, dass man von Zisternen sprechen kann. Eine dieser Zisternen ist die Cisterna cerebellomedullaris (FLETCHER, 2013; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004b; STOFFEL, 2011c), die über das Spatium atlantooccipitale erreicht werden kann. Eine zusätzliche Erweiterung befindet sich im Bereich des Rückenmarks zwischen dem 5. und 6. Lendenwirbel, in der Gegend des Conus medullaris (SALOMON, 2008c; STOFFEL, 2011c) und des Filum terminale und ist über das Spatium lumbosacrale zugänglich. Dadurch wird an diesen Stellen eine Punktion (Okzipital- bzw. Lumbalpunktion) und Gewinnung des Liquor cerebrospinalis möglich (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Laut Seiferle et al.

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

(2004b) und König et al. (2009a) liegt die Arachnoidea spinalis nicht nur der Dura mater, sondern auch der Pia mater mit einer lückenlosen Lage flächenhaft ausgebreiteter Zellen an. Dadurch entsteht ein in sich geschlossenes, allseitig von Arachnoidea spinalis umgebenes **Cavum leptomeningicum***. In diesem Fall möchten die Autoren nicht mehr von einem Cavum subarachnoideale sprechen, da sich der Raum nach ihrer Definition nicht unter sondern innerhalb der Arachnoidea befindet (SEIFERLE und BÖHME, 2004b).

Die **Dura mater spinalis** stellt als sehr derbe, gefäßarme und fibröse Haut die äußere der drei häutigen Hüllen des Rückenmarks dar (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Sie bildet einen relativ weitleumigen Schlauch um das Rückenmark, der ab dem Foramen magnum durch den Wirbelkanal zieht (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Am Foramen magnum sowie am Boden des Wirbelkanals, auf Höhe des 1. und 2. Halswirbels, ist sie mit dem Periost verschmolzen (FLETCHER, 2013). Der Duraschlauch verjüngt sich kaudal des Conus medullaris bis er mit der Leptomeninx zu einer bindegewebigen Scheide verschmilzt, in der das bindegewebige Ende des Filum terminale des Rückenmarks eingebettet ist (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Die Dura mater spinalis läuft daraufhin selbst in einem dünnen, saitenartigen Bindegewebsstrang, dem **Filum durae matris spinalis**, aus, welches sich bis in die Mitte der Schwanzwirbelsäule verfolgen lässt (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004b), wo es durch zarte ventrale Verspannungen an den einzelnen Wirbelkörpern verankert ist (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Auf ihrem Weg durch den Wirbelkanal wird die Dura mater spinalis durch das Spatium epidurale von der **Periostauskleidung des Wirbelkanals, der Endorhachis**, getrennt (FLETCHER, 2013; KÖNIG et al., 2009a; SALOMON, 2008c; SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Die Endorhachis springt von Wirbel zu Wirbel über und begrenzt so den Wirbelkanal nach außen (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Das **Spatium epidurale** wird von einem lockeren, fettreichen Bindegewebe ausgefüllt, in dem die sinusoiden Venengeflechte der Wirbelblutleiter eingebettet sind. Dieses Bindegewebspolster bietet dem Rückenmark Schutz vor mechanischen Einwirkungen und stellt zusätzlich eine gute Diffusions- und Resorptionsmöglichkeit für epidural applizierte Injektionsflüssigkeiten wie z. B. für die Sakral- oder die epidurale Lumbalanästhesie dar (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Neben dem

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

epiduralen Fettpolster und den unregelmäßig darin verteilten, saitenartigen Bindegewebsfäden mit denen der Duraschlauch an den Wirbelbögen fixiert wird, wird er mittels lateralen Verspannungen durch die Durascheiden der Rückenmarksnerven in Lage gehalten (SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Die Dura mater spinalis gibt an alle ein- und austretenden Spinalnerven Durascheiden ab, die an den Austrittsstellen aus dem Wirbelkanal zum Teil mit dem Periost verwachsen und sich daraufhin als Hülle der Spinalnerven fortsetzen (FLETCHER, 2013; SEIFERLE und BÖHME, 2004b). Jede Dorsal- und Ventralwurzel hat dabei ihre eigene Durascheide, mit Ausnahme der Wurzeln des 1. Halsnerven, die sich eine gemeinsame Scheide teilen (FLETCHER, 2013). Laut Stoffel et al. (2012) haben sogar die ersten vier Halsnerven noch eine gemeinsame Durascheide. Nicht nur die Dura mater spinalis sondern alle Rückenmarkshäute setzen sich als Hülle auf die Spinalnerven fort. Die Dura mater spinalis geht in das Epineurium* über, die Arachnoidea in das Perineurium* und die Pia mater in das Endoneurium*. Auch das Cavum subarachnoideale dehnt sich als kapillarer Spaltraum zwischen Peri- und Endoneurium entlang der peripheren Nerven aus (STOFFEL, 2011c).

* Nicht in der NAV (2012) gelistet.

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungsmaterial

Für die Herstellung der Präparate wurden insgesamt 34 Hunde unterschiedlichen Alters verwendet. Dabei wurde nicht auf rasse- oder geschlechtsspezifische Merkmale geachtet, sondern vielmehr, ob sich der jeweilige Hund für das Themengebiet, dem er zugeteilt werden sollte, eignet oder nicht. Die einzelnen Themengebiete stellen unterschiedliche Ansprüche an die Konstitution und die Auswahlkriterien werden bei der Zuordnung zu den einzelnen Themengebieten detailliert besprochen. Eine Auflistung der für diese Doktorarbeit verwendeten Hunde incl. der Zuordnung zu den Themengebieten findet sich im Anhang unter Tab. 2. Die im Rahmen der Doktorarbeit verwendeten Hunde waren verstorben oder mussten aus medizinischen Gründen eingeschläfert werden. Die Tiere wurden direkt nach ihrem Tod eingefroren und kamen im Tieranatomischen Institut der LMU München in gefrorenem Zustand an. Sie wurden hier in der Tiefkühlkammer bei -20°C bis zu ihrer weiteren Verwendung gelagert. Die Lagerung der Präparate während der Arbeitsschritte wird bei den jeweiligen Themengebieten beschrieben, da die verschiedenen Präparate unterschiedliche Ansprüche an die Lagerung haben.

3.2 Erstellung von anatomischen Präparaten und Bildern

3.2.1 Einteilung der Themengebiete und Zuweisung der Hunde

Zuerst wurden fünf große Themengebiete definiert, die später in Form von Bild und Text auf der Lern-DVD zu sehen sein sollten. Diese Themengebiete umfassen die Knochen, die Gelenke, die Muskeln, die Gefäße und das Rückenmark mit den Spinalnerven und seinen Hüllen. Zu all diesen Themen sollten Präparate entstehen, die die anatomischen Strukturen des Hunderückens möglichst detailliert darstellen. Da die Präparate nicht nur für die Erstellung der Bilder für das Computerlernprogramm gedacht sind, sondern später als Trocken- oder plastiniertes Präparat in den Vorlesungen, den Kursen und auch den Prüfungen zum Einsatz kommen sollen, wurden zu den einzelnen Themenkomplexen (v. a. bei den Muskelpräparaten) jeweils neue Präparate erstellt anstatt, nach Fertigstellung der Bilder, in die Tiefe zu präparieren.

Generell wurde darauf geachtet, dass die Hunde wirbelsäulengesund waren und keinerlei Defekte im Bereich des Rückens aufwiesen. Die Themengebiete, für die Präparate erstellt wurden, sind Folgende: Knochen, Gelenke, Muskeln, Gefäße, Rückenmark und Spinalnerven sowie Längs- und Querschnitte durch den Hunderücken.

Themengebiet Knochen:

Für die Herstellung der Knochenpräparate wurde ein wirbelsäulengesunder, junger, ausgewachsener Hund gewählt, bei dem das Knochenwachstum bereits abgeschlossen, die Möglichkeiten für arthrotische Zubildungen aber gering war. Zusätzlich wurde ein juveniler Hund für die Darstellung der einzelnen Verknöcherungszentren gewählt.

Themengebiet Gelenke:

Hier fiel die Wahl ebenfalls auf wirbelsäulengesunde, erwachsene Hunde. Für die Herstellung der Gelenkausgüsse wurden zusätzlich besonders große Hunde bevorzugt, da es bei ihnen (besonders im Brustwirbelbereich) einfacher ist, die Gelenke zu punktieren.

Themengebiet Muskeln:

Für die Herstellung der Muskelpräparate wurde darauf geachtet, gut bemuskelte Hunde mit einem möglichst geringen Körperfettanteil zu verwenden, um auch kleine Muskeln gut ausgeprägt darstellen zu können und das Präparieren durch wenig störendes Fettgewebe zu erleichtern.

Themengebiet Gefäße:

Hierfür wurden frisch tote Hunde kurz nach dem Einschlafen verwendet, damit die Gefäßwände noch in einem physiologischen Zustand waren und sich die injizierte Flüssigkeit gut verteilte.

Themengebiet Rückenmark und Spinalnerven:

Auch für dieses Themengebiet wurden frisch tote Tiere verwendet, da das Nervengewebe sehr sensibel ist und durch das Einfrieren zerstört werden würde.

Längs- und Querschnitte durch den Hunderücken:

Die Längs- und Querschnitte umfassen mehrere Themengebiete, weswegen sie keinem bestimmten Gebiet zugeteilt wurden. Hier wurde ein wirbelsäulengesunder, gut bemuskelter Hund in gutem Ernährungszustand gewählt, um die Faszienvhältnisse gut darstellen zu können.

3.2.2 Knochenpräparate

Für die Erstellung der Knochenpräparate wurden die Schultergliedmaßen komplett und die Hintergliedmaßen im Hüftgelenk abgesetzt. Danach wurde so viel Muskelgewebe wie möglich von den verbliebenen Knochen entfernt und diese für 24 Std. gewässert, um Blutreste aus den Knochen herauszuspülen. Anschließend wurde die Wirbelsäule so auseinandergenommen, dass der Schädel, die Halswirbelsäule, die Brustwirbelsäule, die Lendenwirbelsäule mit Kreuzbein und Becken und die Schwanzwirbel einzeln vorlagen. Bei den Hals-, den Brust- sowie den Lendenwirbeln mit dem Kreuzbein wurde jeweils ein Bindfaden durch den Wirbelkanal gezogen und verknotet um die Reihenfolge der Wirbel untereinander einzuhalten. Daraufhin wurden die Knochen der Hunde getrennt voneinander in jeweils einem 10 Liter Eimer mit einer 1%igen Waschmittellösung (10g Waschpulver auf 1l Wasser) und bei 60°C bei geschlossenem Behälter im Wärmeschränk mazeriert. Die Behälter wurden regelmäßig kontrolliert, die Gewebereste entfernt und die Lösung bei Bedarf erneuert. Die sauberen Knochen wurden daraufhin mittels Aceton entfettet, mit 5%igem Wasserstoffperoxid (H_2O_2) gebleicht und anschließend getrocknet.

3.2.3 Gelenkpräparate

Zum Themengebiet Gelenke wurden sowohl Gelenkausgusspräparate als auch Nasspräparate angefertigt, um einerseits die Gelenkhöhlen, andererseits die Bänder der Gelenke und der Wirbelsäule sowie die Zwischenwirbelscheiben darzustellen.

Gelenkausgüsse:

Es wurden Gelenkausgusspräparate für die gemeinsame Gelenkhöhle des Atlantookzipital- und Atlantoaxialgelenks, für die Wirbelbogen-, die Rippenkopf- und Rippenhöckergelenke angefertigt. Dabei wurden zwei verschiedene Verfahren angewendet: zum einen die Gelenksinjektion mit flüssigem Latex, zum anderen die mit Reckli-Injektionsharz EP®. Die Latexausgüsse sind biegsamer und lassen sich leicht vom Knochen abnehmen und wieder aufstecken, müssen aber für einen perfekten Sitz an den Gelenkflächen festgeklebt werden. Die Ausgüsse mit Reckli-Injektionsharz EP® sind dagegen sehr formstabil und schmiegen sich perfekt den Gelenkflächen an, brechen dafür aber an dünnen Stellen sehr leicht.

Bei beiden Verfahren wurde zuerst bis knapp vor die Gelenkmembran des jeweiligen Gelenks präpariert und diese dann mit einer handelsüblichen Kanüle (in diesem Fall mit einer BD Microlance™ 3 der Firma BD⁴ in der Größe 21 G 5/8" (0,8 x 16mm) oder 26 G 1/2" (0,45 x 13mm)) durchstoßen, um in die Gelenkhöhle zu gelangen. Die Gelenksflüssigkeit wurde aspiriert und das jeweilige Gelenk mit einer der beiden Flüssigkeiten injiziert bis es gut gefüllt war. Die Spritzen waren dabei mittels Luer-Lock-System gegen ein unbeabsichtigtes Abrutschen der Spritze vom Konus beim Aufbau des Injektionsdrucks gesichert.

Injektion mit Latex:

Für die Injektion der Gelenkhöhlen mit flüssigem Latex wurde „Extra-Dickes-Latex“ in der Farbe „Dunkel Blau“ der Firma Latexfeeling⁵ verwendet. Nach der Injektion wurde die Kanüle entfernt und der Stichkanal mittels einer 50%igen Essiglösung verschlossen (flüssiges Latex härtet bei Kontakt mit Essigsäure aus). Zum vollständigen Aushärten des Latex wurde das Präparat in einer 1,5%igen Essiglösung für eine Woche bei 4°C in der Kühlung gelagert. Um das Präparat von Geweberesten zu befreien wurde es anschließend in eine 1%ige Waschmittellösung (10g Waschpulver auf 1l Wasser) bei 60°C in den Wärmeschrank verbracht. Der Behälter wurde regelmäßig kontrolliert, das lose Gewebe nach und nach entfernt und die Lösung bei Bedarf erneuert. Sobald es möglich war, wurden die Latex-Gelenkausgüsse entfernt, vollständig gereinigt und getrocknet. Die Knochen wurden so lang in der Lösung belassen, bis sie vollständig von Geweberesten befreit waren und anschließend mittels Aceton entfettet, mit 5%igem Wasserstoffperoxid (H₂O₂) gebleicht und ebenfalls getrocknet. Am Schluss wurden die Knochen und die Gelenkausgüsse wieder zusammengesetzt und wenn nötig geklebt.

Injektion mit Reckli-Injektionsharz EP®:

Die Injektion der Gelenkhöhlen erfolgte hier mit Reckli-Injektionsharz EP® der Firma Reckli⁶, einem Injektionskunststoff, der als Zwei-Komponenten-Harz fungiert. Seine beiden Komponenten, das Epoxidharz (Komponente A) und der Härter (Komponente B) wurden kurz vor ihrer Verwendung im Verhältnis 3:1 (A:B) angemischt und mit blauer Mineralfarbe eingefärbt. Sobald die beiden Komponenten vermischt waren musste zügig gearbeitet werden, da das Harz auszuhärten begann und die

⁴ BD; Tullastr. 8-12, 69126 Heidelberg

⁵ Latexfeeling; M.Graf, Vredestrasse 52, 48720 Rosendahl-Osterwick

⁶ RECKLI GmbH, Gewerkenstraße 9a, D-44628 Herne

Flüssigkeit immer zähflüssiger wurde, bis sie nicht mehr injiziert werden konnte. Nach der Injektion wurden die Kanülen in den Gelenkhöhlen belassen und mit einem Verschlussstopfen verschlossen. Daraufhin kamen die Präparate zum Aushärten des Kunststoffes bei 4°C in die Kühlung. Nach 48 Stunden war der Kunststoff vollständig ausgehärtet und das Präparat kam in eine 1%ige Waschmittellösung (10g Waschpulver auf 1l Wasser) die bei 60°C in den Wärmeschrank gestellt wurde. Daraufhin wurde analog zu den Latexpräparaten (siehe oben) verfahren. Die isolierten Gelenkausgüsse wurden mit blauer Lackfarbe besprüht, um eine gleichmäßige Färbung des Präparats zu erzielen. Damit die Kunststoffausgüsse wieder auf die Gelenkflächen gesteckt werden konnten (v.a. beim Atlantookzipitalgelenk) musste der bei Raumtemperatur harte Kunststoff bei 50°C im Wasserbad erwärmt werden, was ihn kurzfristig etwas biegsamer machte.

Präparate von Bändern und Zwischenwirbelscheiben:

Die Bandpräparate wurden entweder entsprechend den Muskelpräparaten (siehe dort) komplett feinpräparatorisch herausgearbeitet oder, wie bereits bei den Knochen beschrieben, erst mittels einer Waschmittellauge so weit mazeriert bis nur noch Knochen, Zwischenwirbelscheiben und Bänder vorhanden waren. Allerdings musste bei diesem Verfahren sehr darauf geachtet werden, die Präparate rechtzeitig aus der Lösung herauszunehmen, weswegen die Präparate stündlich kontrolliert und am Ende die noch vorhandenen Gewebereste manuell entfernt wurden. Zum Bleichen kamen die Präparate für 48 Stunden in eine 3%ige Wasserstoffperoxid(H₂O₂)-Lösung.

3.2.4 Muskelpräparate

Der Vollständigkeit halber soll hier erwähnt werden, dass es sich bei diesen Präparaten nicht nur um reine Muskelpräparate handelt, sondern dass möglichst auch Bänder, Gefäße und das Rückenmark mit Spinalnerven präpariert wurden, um die topografischen Verhältnisse besser darstellen zu können.

Die Hunde, die für die Präparation der Muskelpräparate verwendet wurden, sind nach dem Auftauen zuerst enthäutet worden (bis auf ein ca. 2 cm breites Hautareal um die Schnauze, die Augen und die Ohren). Die Körperteile, die für die jeweilige Fragestellung nicht relevant waren, wie z.B. die Eingeweide der Brust-, Bauch- und Beckenhöhle oder die Gliedmaßen bei tieferen Präparationsschritten, wurden

entfernt. Daraufhin wurden alle Muskeln, die bei dem jeweiligen Thema nicht dargestellt werden sollten, grob entfernt und das Präparat anschließend für 24 Stunden gewässert. Während der Feinpräparation wurden die Präparate in einer verschließbaren Kunststoffwanne in einer 10%igen Natriumchlorid(NaCl)-Lösung mit 0,015%igem Formaldehydanteil im Kühlraum bei 4°C gelagert. Da die Präparate, wie bereits oben beschrieben, nicht nur für die Erstellung der Bilder für das Computerlernprogramm gedacht waren, sondern den Studenten auch als Anschauungsmaterial zur Verfügung stehen sollten, wurden sie nach Fertigstellung der Bilder plastiniert und für die tieferen Schichten ein neues Präparat angefertigt. So sind insgesamt 21 Muskelpräparate entstanden, die etappenweise die Muskulatur des Rückens von der oberflächlichsten bis zur tiefsten Schicht zeigen und letztendlich auch mit dem eröffneten Wirbelkanal einen Blick auf das Rückenmark mit seinen Hüllen und die Spinalnerven ermöglichen. Einige dieser Präparate wurden im Rahmen eines von mir betreuten Wahlpflichtfaches im Wintersemester 2011/12 zum Thema „Die Anatomie des Hunderückens“ von Tiermedizinstudenten des 3. Semesters angefertigt. Ziel war es die Muskulatur am Hunderücken von den obersten Muskelschichten etappenweise bis in die Tiefe darzustellen. Die Studenten wurden in Zweiergruppen aufgeteilt und jeweils einer anderen „Muskelschicht“ zugeteilt, die insgesamt acht Themenkomplexe reichten von der Schultergürtelmuskulatur bis zu reinen Bandpräparaten. Im Anschluss an das Wahlpflichtfach wurden die erstellten Präparate fotografiert und von diesen Bildern drei für die Erstellung des Computerlernprogramms verwendet.

Die Themen der einzelnen Präparate konnten keinen einzelnen Muskelgruppen zugeordnet werden, da die Rückenmuskeln gestaffelt übereinander liegen, sich zum Teil überlappen und es so teilweise unmöglich war bestimmte Muskeln einer Muskelgruppe darzustellen ohne andere Muskeln der selben Gruppe zu entfernen. Ein Präparat wurde somit meist mehreren Muskelgruppen zugeordnet. Eine komplette Auflistung findet sich im Anhang unter Tab. 2.

3.2.5 Gefäßpräparate

Wie auch schon bei den Gelenkausgüssen wurde hier sowohl mit Latex, als auch mit Reckli-Injektionsharz EP® gearbeitet.

Für Präparate in denen Gefäße neben den Muskeln dargestellt werden sollten, wurde wegen seiner elastischen Eigenschaften **Latex** verwendet, um die Gefahr zu

vermeiden, dass die Gefäßausgüsse brechen, wenn das Präparat während des Präparierens gedreht und gewendet wurde. Es wurde wieder das „Extra-Dicke-Latex“ der Firma Latexfeeling⁷ in den Farben „Dunkel Blau“ für Venen und der Farbe „Rot“ für Arterien verwendet. Im Bereich des Trigonum femorale wurden die A. und V. femoralis auf beiden Körperseiten frei präpariert und dabei darauf geachtet, so wenige Gefäße wie möglich zu verletzen. In die freigelegten Gefäße wurden handelsübliche Venenverweilkanülen (in diesem Fall Vasocan® Braunülen® der Firma B. Braun Melsungen AG⁸ in der Größe 14 G 2” (2,2 x 50mm)) eingeführt und an den Gefäßen mit einem Bindfaden gegen Herausrutschen gesichert. Es wurden die Gefäße auf beiden Körperseiten benutzt, damit man einen zweiten Zugang hat, auf den man ausweichen könnte, falls eine der Venenverweilkanülen verstopft oder herausrutscht. Distal der Kanülen wurden die Gefäße mit einem Bindfaden abgebunden. Die Injektion erfolgte mit blauem Latex in die Vv. femorales und mit rotem Latex in die Aa. femorales, immer abwechselnd, damit das Latex Zeit hatte sich proximal auszubreiten. Sollte Latex aus angeschnittenen Gefäßen entlang der Zugangsstelle zu den Gefäßen austreten, so wurde es mittels einer 50%igen Essiglösung gehärtet und das Gefäß so verstopft. Es wurde so lange injiziert bis ein deutlicher Gegendruck zu spüren war, den man auch mit mäßigem Kraftaufwand nicht überwinden konnte. Die Spritzen waren dabei mittels Luer-Lock-System gegen ein unbeabsichtigtes Abrutschen der Kanüle vom Konus der Spritze bei Druckaufbau gesichert. Anschließend wurden die Konen mit Verschlussstopfen verschlossen und der Hund zum vollständigen Aushärten für eine Woche in eine 1,5%ige Essiglösung verbracht. Damit der Essig die Gefäße im Hund besser erreichen konnte wurden zuvor die Abdominal- und beide Pleuralhöhlen eröffnet und das aus den Schnittkanten austretende Latex sofort mittels einer 50%igen Essiglösung gehärtet. Anschließend wurde das Präparat, wie bereits bei den Muskelpräparaten beschrieben, behandelt und gelagert.

Für die physiologische Lage der Arterien im Vergleich zum Hundeskelett wurde **Reckli-Injektionsharz EP®** verwendet, da es nach dem Aushärten formstabil bleibt. Zu dem üblichen Mischungsverhältnis von 3:1 (siehe Gelenkausgüsse – Injektion mit Reckli-Injektionsharz EP®) wurde Reckli-Füller C der Firma Reckli⁹ im Verhältnis von

⁷ Latexfeeling; M.Graf, Vredestrasse 52, 48720 Rosendahl-Osterwick

⁸ B. Braun Melsungen AG; Carl-Braun-Straße 1, 34212 Melsungen

⁹ RECKLI GmbH, Gewerkenstraße 9a, D-44628 Herne

4:1 (Reckli-Injektionsharz EP®:Füller C) hinzugegeben, um das Gemisch etwas dickflüssiger zu machen, damit es nicht durch die Kapillargefäße und somit nicht in das venöse System kommt. Bei der Vorbereitung der Injektion und während der Injektion selbst wurde analog zur Latexinjektion verfahren mit Ausnahme, dass nur die Aa. femorales, nicht aber die dazugehörigen Venen injiziert wurden. Zusätzlich wurde eine Kanüle in die V. jugularis verbracht, um einen Abfluss für das Blut zu gewährleisten, damit dieses kein Hindernis für das Injektionsvolumen darstellt. Austretende Injektionsflüssigkeit aus angeschnittenen Gefäßen an den Zugängen wurde mittels Klemmen gestoppt, die bis zur endgültigen Härtung des Kunststoffes in Position blieben. Die Spritzen waren während der Injektion mittels Luer-Lock-System gegen ein unbeabsichtigtes Abrutschen der Spritze vom Konus bei Druckaufbau gesichert. Das injizierte Präparat wurde in eine physiologische „Platz“- Position (Vordergliedmaßen im Ellbogengelenk abgewinkelt parallel nach vorne ausgerichtet, Hintergliedmaßen im Hüft-, Knie- und Tarsalgelenk gebeugt; für die „getragene“ Haltung des Kopfes wurden Pflastersteine unter Kopf und Hals gelegt) verbracht und härtete 48 Stunden bei Zimmertemperatur aus. Daraufhin kam es zuerst für 24 Stunden bei 4°C in die Kühlung und anschließend für drei Tage bei -20°C in die Gefrierkammer, um es schließlich mit einem glatten Schnitt im Bereich des Übergangs zwischen Brust- und Lendenwirbeln mit einer Bandsäge in zwei Teile zu zersägen. Dies war nötig um den nächsten Schritt durchführen zu können, da der Hund zu groß für den Wärmeschrank war. Die beiden Teile wurden in je einem Behälter mit 1%iger Waschmittellösung (10g Waschmittel auf 1 Liter Wasser) im Wärmeschrank bei 60°C mazeriert. Loses Gewebe wurde nach und nach entfernt und die Lösung erneuert bis nur noch die Knochen und das gehärtete Reckli-Injektionsharz EP® übrig waren. Die beiden Teil-Präparate wurden anschließend in einer 3%igen Wasserstoffperoxid(H₂O₂)-Lösung gebleicht. Nach der Trocknung wurden die Präparate mittels Perlonschnüren frei schwebend in einem Gestell aus Holzleisten aufgehängt, damit die Präparate bewegt werden konnten ohne die feinen, zerbrechlichen Arterienausgüsse zu gefährden. Die „Kunststoffarterien“, die zu fein verästelt waren oder nichts mit der Fragestellung der Arterien des Hunderückens zu tun hatten wurden gekürzt.

3.2.6 Nervenpräparate

Für die Herstellung der Rückenmarkspräparate wurden zwei frisch tote Hunde verwendet. Um das Nervengewebe schnellstmöglich zu fixieren wurde eine 5%ige Formaldehydlösung über das Spatium lumbosacrale epidural und über das Spatium atlantooccipitale nach Durchstechung der Dura mater spinalis in das Cavum leptomeningicum injiziert. Anschließend wurden die Wirbelbögen dorsal freigelegt und durch beidseitige Durchtrennung der Pediculi arcus vertebrae mit Hilfe einer oszillierenden Säge (Oszillierende Gipssäge OSCILLOW Typ GL 2000/83) abgesetzt. Dabei wurde darauf geachtet, die aus den Zwischenwirbellöchern austretenden Spinalnerven nicht zu verletzen. Die Spinalnerven wurden so weit wie möglich frei präpariert und zusammen mit dem Rückenmark und den Rückenmarkshäuten entfernt. Nachdem das Präparat zwei Stunden zum Entfernen der Blutreste gewässert wurde, kam es für 24 Stunden bei 4°C in die Kühlkammer zur Fixierung in eine 5%ige Formaldehydlösung. Vor der weiteren Präparation wurde es abermals für 2 Stunden gewässert und während der Präparationspausen in einer 0,015%igen Formaldehydlösung im Kühlraum bei 4°C gelagert.

3.2.7 Quer-/Längsschnitte

Für die Anfertigung der Quer- und Längsschnitte durch den Hunderücken wurde ein Spitzmischlingsrüde in physiologischer „Platz“-Position (Vordergliedmaßen im Ellbogengelenk abgewinkelt parallel nach vorne ausgerichtet, Hintergliedmaßen im Hüft-, Knie- und Tarsalgelenk gebeugt; für die „getragene“ Haltung des Kopfes wurden Pflastersteine unter Kopf und Hals verbracht) bei –20°C für eine Woche lang eingefroren. Mittels einer Bandsäge wurden Gefrierschnitte angefertigt, die anschließend an ihrer Schnittkante mit 70%igen Alkohol benetzt und abfotografiert wurden.

Für den Themenkomplex „Faszien“ wurden Querschnitte im Bereich der Lendenwirbelsäule (Kaudalrand Rippenbogen bis Kranialrand Beckenschaufel) angefertigt, da hier die Faszienvverhältnisse aufgrund der klaren Ansatzsehnen der Bauchmuskulatur und des zwischen den Faszienblättern eingelagerten Fettes am besten zu sehen sind.

Für den Themenkomplex „Spinalnervenaustritt“ wurden Querschnitte im Bereich der Intumescentia cervicalis am Kaudalende der Halswirbelsäule auf Höhe des

Buggelenks angefertigt, da hier die Spinalnerven besonders stark ausgebildet und damit besser zu sehen sind.

Für den Themenkomplex „Zwischenwirbelscheiben“ wurde ein Längsschnitt median durch die Brustwirbelsäule angefertigt, da in diesem Bereich durch das Vorhandensein des Lig. intercapitale ein potentieller Bandscheibenvorfall unwahrscheinlicher ist und sich die Chancen auf einen physiologischen Zustand der Zwischenwirbelscheiben damit erhöhen.

3.2.8 Anfertigung der Bilder

Für die Anfertigung der Bilder stand eine digitale Spiegelreflexkamera des Modells Olympus® E-620 mit einem Olympus® Zuiko Digital 35mm f3.5 Makro Objektiv und einem Olympus® Zuiko Digital ED 14-42mm f3.5-5.6 Objektiv zur Verfügung. Um beim Fotografieren der Nasspräparate Glanzlichter zu vermeiden wurden zu den jeweiligen Objektiven passende Polfilter (PL CIR Ø58 und Ø52 (hama®)) zusammen mit Polfilterfolien vor den Lampen verwendet. Die Präparate wurden vor einem schwarzen Stoffhintergrund fotografiert, um das Bearbeiten der Bilder am Computer zu erleichtern.

Die Bilder wurden als *.JPEG- und als *.ORF¹⁰-Datei zunächst auf einer Speicherkarte (Compact Flash® 2.0 GB (SanDisk®)) zwischengespeichert und dann auf den Computer übertragen.

3.2.9 Digitale Nachbearbeitung der Bilder

Die digitale Nachbearbeitung der Bilder geschah an den jeweiligen *.ORF-Dateien mit Hilfe der Bildbearbeitungsprogramme Adobe® Photoshop® Lightroom 3 Version 3.6 und Adobe® Photoshop® CS5 Version 12.0 x64. Mit diesen Programmen konnten kleine Präparationsfehler, Glanzlichter oder lagerungsbedingte Verfärbungen behoben und die Bilder aufeinander abgestimmt werden, indem z. B. alle den gleichen Hintergrund erhielten. In drei Fällen wurden von jeweils einem Präparat zwei Aufnahmen zu einem Bild kombiniert. Darüber hinaus wurde keine weitergehende Bildbearbeitung durchgeführt.

Adobe® Photoshop® CS5 Version 12.0 x64 ermöglichte es auch Bildunterschriften, Pfeile oder Nummerierungen in die Bilder einzufügen, oder einzelne Strukturen

¹⁰das Format, in dem die Digitalkameras von Olympus® ihre Rohdaten speichern

farblich hervorzuheben oder auszublenden, um den Fokus auf andere Bildinhalte zu lenken. Zusätzlich war es möglich, Bildausschnitte zu wählen und das Bild so auf die für das Computerprogramm benötigte Größe anzupassen. Gespeichert wurden die fertigen Bilder dann als JPEG-Datei.

4 Ergebnisse

Das Lernprogramm „Der Rücken des Hundes“ ist Teil einer Reihe von Lernprogrammen, die sich mit der systematischen und topographischen Anatomie des Hundes beschäftigen. Anhand von Präparatbildern und Schemazeichnungen werden die anatomischen Verhältnisse am Hunderücken von den äußeren Faszien bis hin zum Rückenmark abgedeckt.

4.1 Das Lernprogramm „Der Rücken des Hundes“

Das Lernprogramm ist in fünf große Themenkomplexe unterteilt. Die Kapitel umfassen die Knochen, die Gelenke, die Muskeln, die Gefäße und die Nerven des Hunderückens. Diese Einteilung und auch die weitere Untergliederung orientieren sich an den gängigen Lehrbüchern der Tieranatomie. Das sechste Kapitel umfasst die Quizze zu den einzelnen Themengebieten. Alle Strukturen werden, soweit möglich, anhand einer Vielzahl von Präparatefotos anschaulich dargestellt. In den Fällen, in denen ein Präparat nicht ausreicht oder es mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist, die betreffenden Strukturen didaktisch sinnvoll darzustellen, werden Schemazeichnungen verwendet.

4.1.1 Seitenaufbau und Navigation

Beim Start des Lernprogramms über die Datei „start.html“ wird die **übergeordnete Startseite** im Standardbrowser aufgerufen.



Abb. 1: übergeordnete Startseite im Browserfenster

Im Normalfall öffnet sich das Lernprogramm mit der **Startseite** selbständig in einem neuen Browserfenster.



Abb. 2: Startseite des Lernprogramms

Sollte das nicht der Fall sein, müssen vom Benutzer zuerst Pop-ups freigegeben werden. Eine Anleitung dazu, wie man diese Einstellung bei den gängigen Browsern „Firefox“, „Internet Explorer“ und „Safari“ vornimmt, erhält man auf einer Hilfeseite, die über einen Link auf der übergeordneten Startseite zu erreichen ist. Sind die Pop-ups freigegeben, gelangt man über einen weiteren Link auf der Hilfeseite zum eigentlichen Lernprogramm.

Die **Startseite** des Lernprogramms beinhaltet zwei Navigationsleisten.



Abb. 3: obere Navigationsleiste/ Menüleiste



Abb. 4: untere Navigationsleiste

Über die **obere Navigationsleiste**, oder auch **Menüleiste**, erhält man Zugriff auf die einzelnen Themengebiete des Lernprogramms. Jedes Themengebiet wird in Form eines kleinen Bildes und des darunter eingeblendeten Kapitelnamens dargestellt.

Durch Anklicken des Bildes oder Textes gelangt man auf die jeweilige **Kapitelstartseite**, die wiederum in einzelne Unterkapitel aufgegliedert ist. Klickt man eines dieser Unterkapitel an, gelangt man auf die Startseite des jeweiligen Unterkapitels (siehe unten: Unterkapitel).

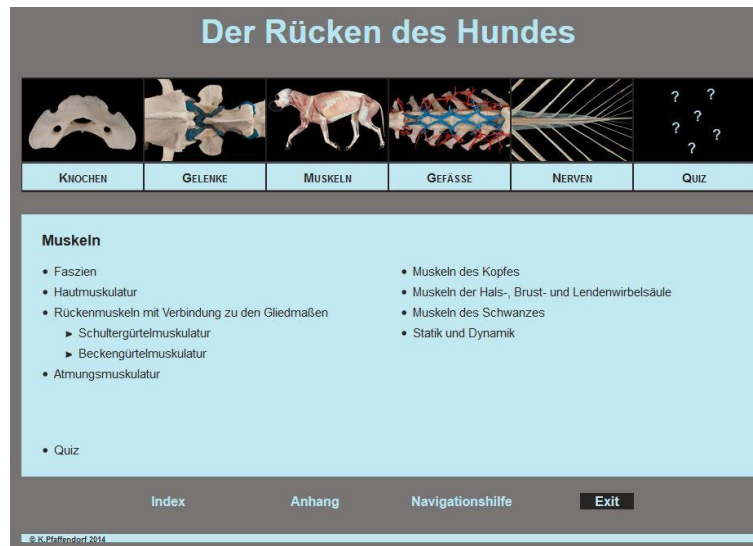


Abb. 5: Kapitelstartseite des Muskelkapitels

Die **untere Navigationsleiste (Abb. 4)** der Startseite beinhaltet den Index, den Anhang, die Navigationshilfe und den „Exit“-Button.

Im **Index** befindet sich ein alphabetisch sortiertes Stichwortverzeichnis, von dem aus man über einen Hyperlink direkt auf die Seite gelangt, auf der der fragliche Begriff zu finden ist.

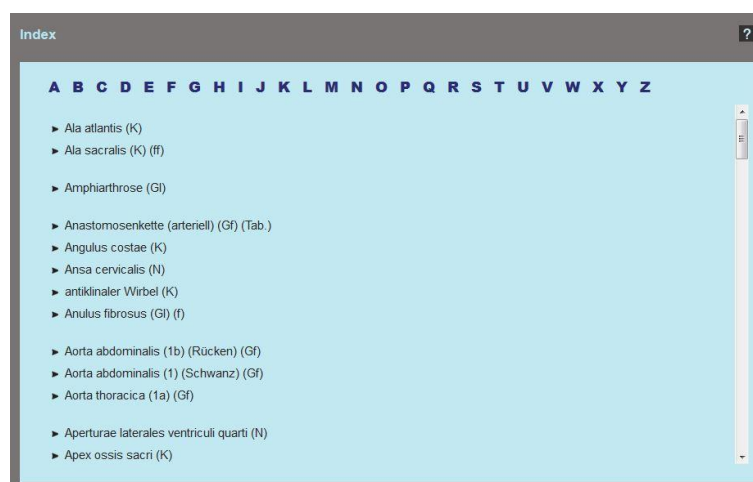


Abb. 6: Index

Im **Anhang** sind das **Literaturverzeichnis** sowie das **Abkürzungsverzeichnis** aufgeführt.

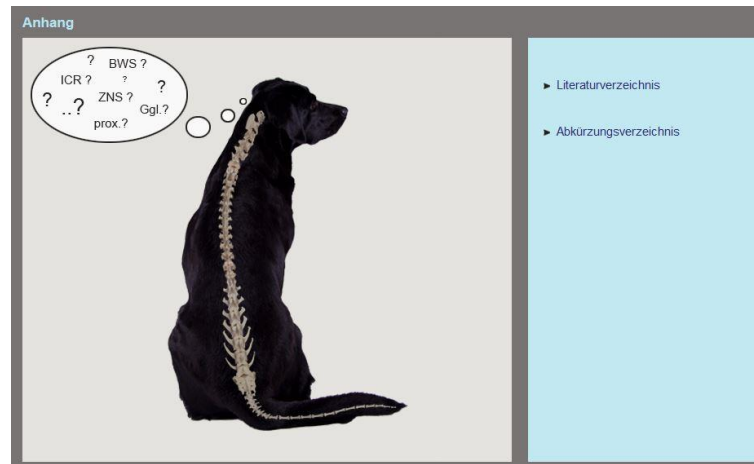


Abb. 7: Anhang

Die **Navigationshilfe** gibt einen Überblick über die Steuerungsmöglichkeiten des Lernprogramms.

Über den „**Exit**“-Button kann man das Programm schließlich verlassen. Vor Beenden des Lernprogramms wird man jedoch gefragt, ob man dies auch wirklich möchte. Ist das der Fall, gelangt man zurück auf die übergeordnete Startseite und kann das Browserfenster hier schließen.

Sobald man auf der Kapitelstartseite eines der **Unterkapitel** auswählt, ändert sich das Layout der Seite, um dem Inhalt des Lernprogramms mehr Platz zu geben.

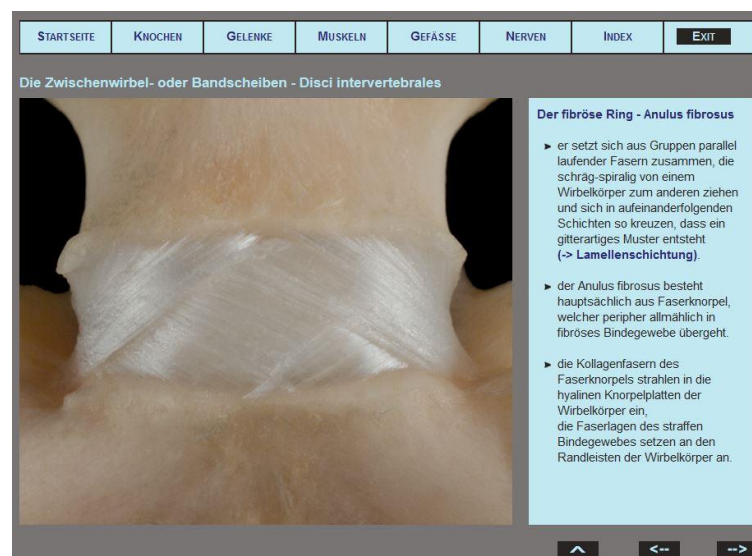


Abb. 8: Programmseite im Unterkapitel

Die obere Navigationsleiste bleibt, im Gegensatz zur unteren, erhalten (wenn auch in einem kleineren Format und nur in Textform), um jederzeit zwischen den einzelnen Kapiteln wechseln zu können. Das Quizkapitel wurde hier nicht mit aufgenommen, da sich auf den Kapitelstartseiten ein Link zum Quiz des jeweiligen Themas befindet. Dafür wurde eine Verlinkung zur Startseite eingerichtet, über die man wieder zum Startfenster zurückgelangt. Zusätzlich zu den Themengebieten werden jetzt auch der Index und der „Exit“-Button, die sich zuvor in der unteren Navigationsleiste befanden, hier mit angezeigt, um einen schnellen Zugriff auf diese zu haben.

Es gibt mehrere Arten, wie der Inhalt auf der Seite präsentiert wird. Auf den meisten Seiten befindet sich auf der linken Seite das Grafikfeld, in dem ein Bild eines Präparates oder eine Schemazeichnung angezeigt wird und auf der rechten Seite das Textfeld mit Informationen (s. o.). Daneben gibt es auch reine Textseiten, die zur Erklärung von komplexen Sachverhalten dienen, sowie Übungstabellen.

STARTSEITE	KNOCHEN	GELLENKE	MUSKELN	GEFÄSSE	NERVEN	INDEX	Exit
Die besonderen Bewegungen des Kopfes (Ventrale Muskeln) - Übungstabelle 2/2							Inhalt ausblenden ?
Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion			
M. rectus capitis lateralis	Unterseite des Atlasflügels (kaudale Hälfte)	Basis des Proc. paracordylaris	R. ventralis des 1. Halsnerven (C1)	- Beuger des Atlantozipitalgelenks; - Schließmuskel des Kopfes			
M. rectus capitis ventralis	Arcus ventralis des Atlas (lateral des Tuberculum ventrale)	Basiozzipitale (zwischen dem Tuberculum musculare und der Bula tympanica)	R. ventralis des 1. Halsnerven (C1)	- Beuger des Atlantozipitalgelenks			
M. longus capitis	ventral und medial an den Procc. transversarii des 6. bis 2. Halswirbels	Tuberculum musculare (Basiozzipitale)	R. ventralis des 1.- 6. Halsnerven (C1-C6)	- Beuger des Atlantozipitalgelenks; - Niederzieher des Kopfes; - Bei einseitiger Kontraktion: Seitwärtsbeuger des vorderen Halsabschnitts			

Abb. 9: Übungstabelle

STARTSEITE	KNOCHEN	GELLENKE	MUSKELN	GEFÄSSE	NERVEN	INDEX	Exit
Die besonderen Bewegungen des Kopfes (Ventrale Muskeln) - Übungstabelle 2/2							Inhalt einblenden ?
Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion			
M. rectus capitis lateralis	Unterseite des Atlasflügels (kaudale Hälfte)	Basis des Proc. paracordylaris	R. ventralis des 1. Halsnerven (C1)	- Beuger des Atlantozipitalgelenks; - Schließmuskel des Kopfes			
M. rectus capitis ventralis	Arcus ventralis des Atlas (lateral des Tuberculum ventrale)	Basiozzipitale (zwischen dem Tuberculum musculare und der Bulla tympanica)					
M. longus capitis	ventral und medial an den Procc. transversarii des 6. bis 2. Halswirbels						

Abb. 10: Übungstabelle in Benutzung

Die **Übungstabellen** dienen dazu, die wichtigsten Fakten eines Unterkapitels zusammenzufassen und dem Benutzer die Möglichkeit zu geben, das Gelernte zu vertiefen und sich selbst abzufragen. Dazu kann der Inhalt der Tabellen mit Hilfe des oben rechts befindlichen Buttons „Inhalt ausblenden“ bis auf die oberste Zeile und die linke Spalte ausgeblendet werden. Durch Anklicken der leeren Textfelder kann der Inhalt nach und nach, oder über den Button „Inhalt einblenden“ komplett wieder eingeblendet werden. Direkt neben diesem Button befindet sich ein „?“, das dem Benutzer beim Anklicken eben diesen Sachverhalt erklärt.

Innerhalb der Unterkapitel kann man sich entweder über Hyperlinks oder die Navigationspfeile fortbewegen.

Die **Hyperlinks** sind durch ihre dunkelblaue Farbe im sonst schwarzen Text leicht zu erkennen; zusätzlich erscheinen sie unterstrichen, sobald man mit der Maus darüberfährt. Bei ihnen lassen sich zwei verschiedene Funktionsweisen unterscheiden. Bleibt der Cursor beim Überfahren des Wortes eine Pfeilspitze, so verändert sich die nebenstehende Grafik; z.B. wird ein Muskel hervorgehoben, ein Pfeil eingeblendet oder eine Struktur mit einer Zahl versehen. Wird der Cursor jedoch zur Hand, so kann man den Hyperlink anklicken und gelangt so entweder auf eine neue Seite, wenn es sich um einen weiterführenden Link handelt, oder auf die Ausgangsseite zurück, von der man gekommen ist.

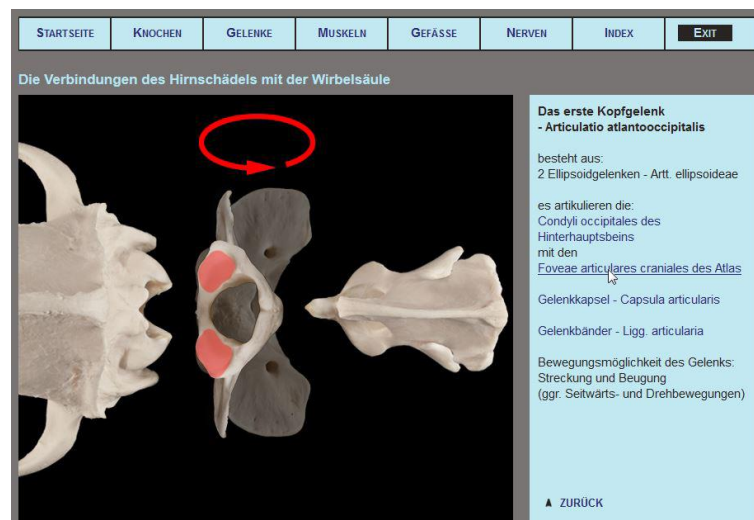


Abb. 11: Hyperlink mit Pfeilspitze zum Überfahren

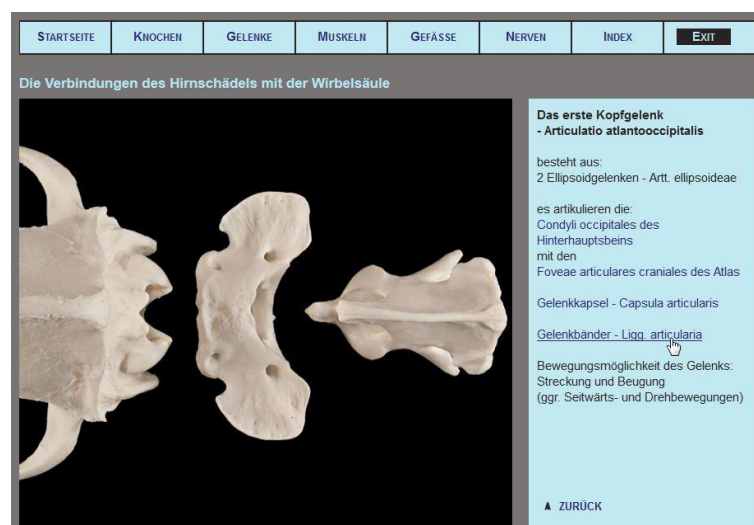


Abb. 12: Hyperlink mit Hand zum Anklicken

Die **Navigationspfeile** befinden sich am unteren rechten Bildrand. Mit Hilfe des Pfeils nach rechts kann man eine Seite vor- mit dem Pfeil nach links eine Seite zurückblättern. Die Anzahl der jeweiligen Seiten wird in der Überschrift angezeigt. Der Pfeil nach oben bringt den Nutzer auf die Ausgangsseite zurück.



Abb. 13: Navigationspfeile

Die Navigation im Lernprogramm ermöglicht es dem Benutzer selbst zu entscheiden, was er als nächstes und in welcher Reihenfolge er es bearbeiten möchte. Dazu sind die Kapitel in Unterkapitel unterteilt, die ihm die Freiheit lassen, einzelne Unterkapitel zu überspringen oder noch einmal von vorne durchzuarbeiten. Dies soll dazu beitragen, dass jeder Benutzer auf die für ihn am besten geeignete Weise mit dem Programm lernen kann.

4.1.2 Knochenkapitel

Im Knochenkapitel wird zunächst die Zusammensetzung der Wirbelsäule und der Grundaufbau des Wirbels anhand eines Lendenwirbels erklärt. Im Nachfolgenden werden die Besonderheiten der einzelnen Wirbelgruppen behandelt. Es wird sowohl der entsprechende Wirbelsäulenabschnitt als Ganzes, im Hinblick auf Struktur-Veränderungen im Wirbelsäulenverlauf, dargestellt, als auch die Knochenstrukturen an Einzelwirbeln dieser Wirbelgruppe erklärt. Vor allem die Wirbel, welche aus dem „normalen“ Wirbelschema herausfallen, wie der Atlas, der Axis und das Kreuzbein werden gesondert betrachtet.

Dabei befindet sich jeweils auf der linken Seite ein Foto des Wirbels und auf der rechten eine Auflistung der Strukturen, die an dem Knochen zu finden sind. Die jeweiligen Strukturen sind entweder bereits im Bild gekennzeichnet oder als Hyperlinks gestaltet, so dass beim Überfahren mit der Maus die Struktur im Bild mittels eines Pfeils, einer Zahl oder einer farblichen Markierung kenntlich gemacht wird. Ist eine Struktur in einer bestimmten Ansicht nicht zu sehen, so ist der Name der Struktur grau gefärbt und der Hyperlink inaktiv (siehe **Abb. 14**).

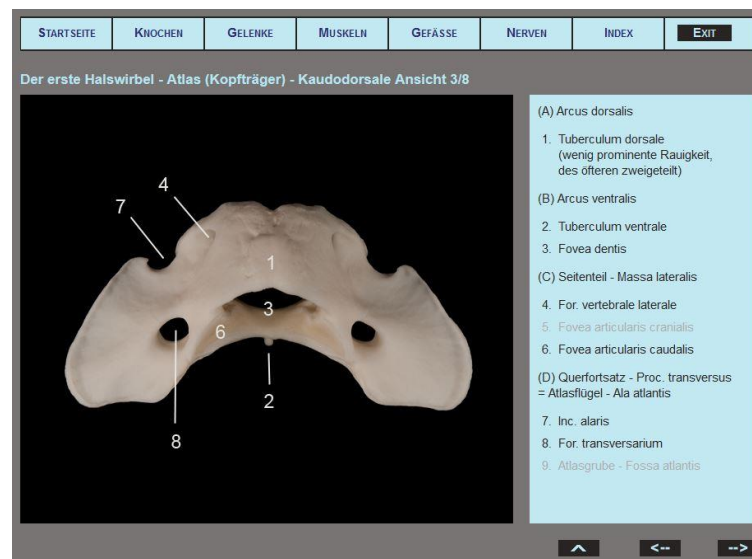


Abb. 14: Programmseite – Atlas

Sowohl beim allgemeinen Wirbelaufbau wie auch bei den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten wird immer auch der jeweilige juvenile Wirbel vor Epiphysenfugenschluss mit aufgeführt, um zu zeigen, aus welchen Einzelbestandteilen sich die einzelnen Knochen zusammengesetzt haben.

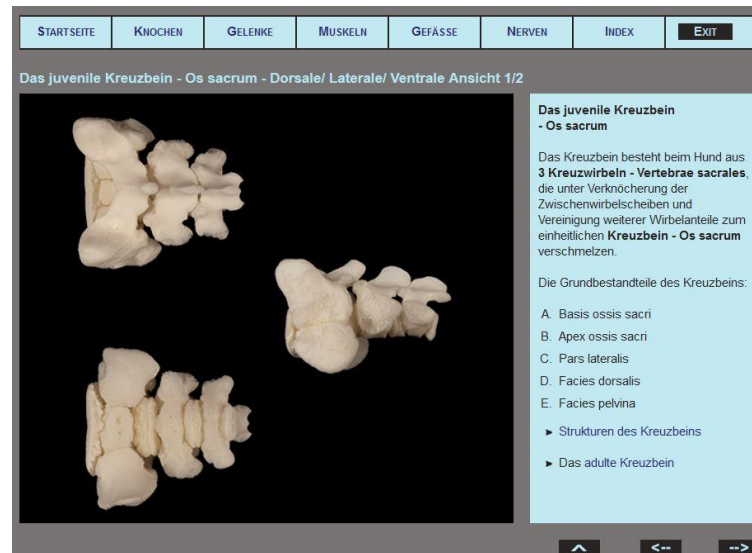


Abb. 15: Programmseite – juveniles Kreuzbein

Abgeschlossen wird das Kapitel mit den Rippenknochen, die durch ihre Gelenkbildung mit den Wirbeln und als Ansatzstelle für die Rückenmuskeln eine wichtige Rolle spielen.

Am Ende der Kapitelstartseite befindet sich zusätzlich ein Link der zum Knochenquiz (s. u.) führt.

4.1.3 Gelenkkapitel

Das Gelenkkapitel umfasst die Verbindungen des Hirnschädels mit der Wirbelsäule, die Verbindungen der Wirbel untereinander sowie die Verbindungen der Rippen mit den Wirbeln. Im Näheren werden in den Unterkapiteln die beteiligten Knochen, die Gelenkkapseln, die Gelenkbänder und die Bewegungsmöglichkeiten der einzelnen Gelenke betrachtet. Ein besonderes Augenmerk wurde hier auf die Zwischenwirbelscheibe gelegt.



Abb. 16: Programmseite – Zwischenwirbelfugen

Der Seitenaufbau entspricht im Grunde dem des Knochenkapitels. Die jeweiligen Fotos befinden sich auf der linken Seite, und auf der rechten Seite wurden die wichtigen Strukturen im Textfeld mittels Hyperlinks versehen, um die Strukturen im nebenstehenden Foto zu markieren oder um auf eine weiterführende Seite zu gelangen.

In den Übungstabellen sind die wichtigsten Inhalte zu den Gelenken und den Gelenkbändern zusammengefasst.

Auch am Ende dieses Kapitels findet sich ein Link, der zum Gelenkequiz (s.u.) führt.

4.1.4 Muskelkapitel

Das Muskelkapitel setzt sich aus zahlreichen Unterkapiteln zusammen. Diese umfassen die Faszien, die Hautmuskulatur, die Rückenmuskeln mit Verbindung zu den Gliedmaßen (Schultergürtel- und Beckengürtelmuskulatur), die am Rücken liegende Atmungsmuskulatur, die Muskeln des Kopfes (besondere Bewegungen des

Kopfes), die Muskeln der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule und die Muskeln des Schwanzes.

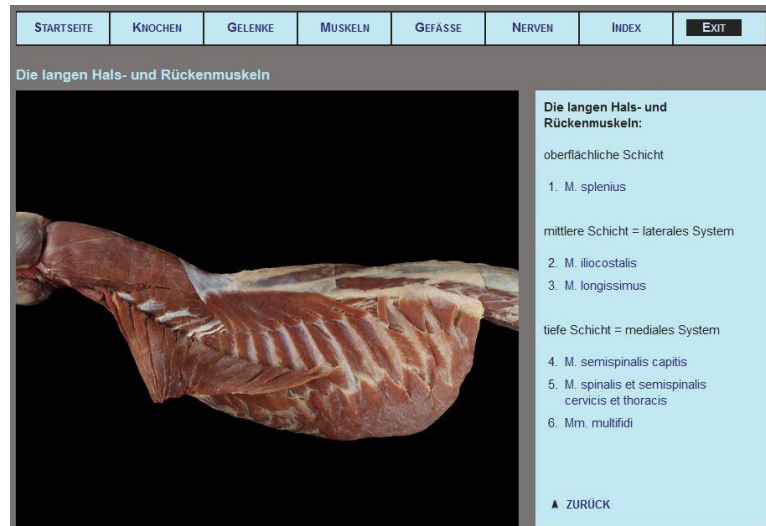


Abb. 17: Programmseite – lange Hals- und Rückenmuskeln

Auch in diesem Kapitel werden Hyperlinks verwendet, um die einzelnen Muskeln anzuzeigen. Anders als in den vorherigen Kapiteln wird jedoch nicht mit Pfeilen, Zahlen oder farblichen Markierungen gearbeitet, sondern diesmal bleibt der Muskel im nebenstehenden Foto eingeblendet und das restliche Bild wird abgedunkelt. So kann man den kompletten Muskelverlauf mit einem Blick erfassen, und vor allem die segmentalen Muskeln nahe der Wirbelsäule lassen sich so einfach darstellen.

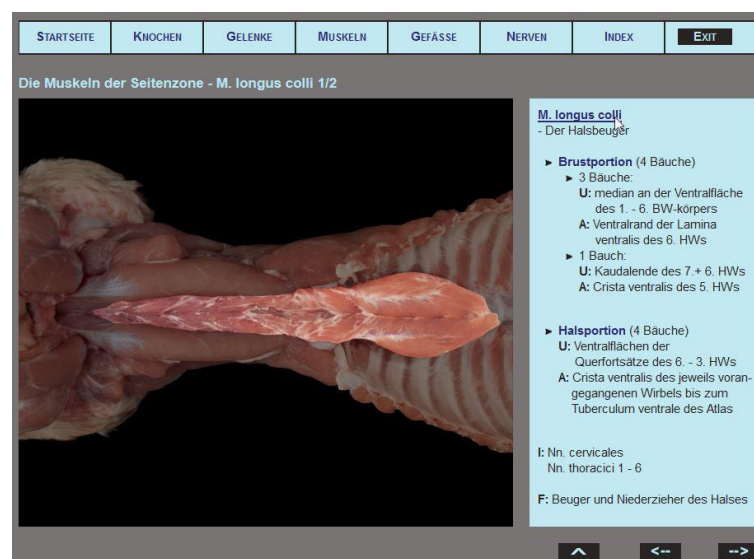


Abb. 18: Programmseite – M. longus colli

In den einzelnen Unterkapiteln finden sich Übungstabellen zur jeweiligen Muskelgruppe. Zusätzlich wird im Unterkapitel Statik und Dynamik die Rumpfkonstruktion anhand von Schemazeichnungen erklärt.

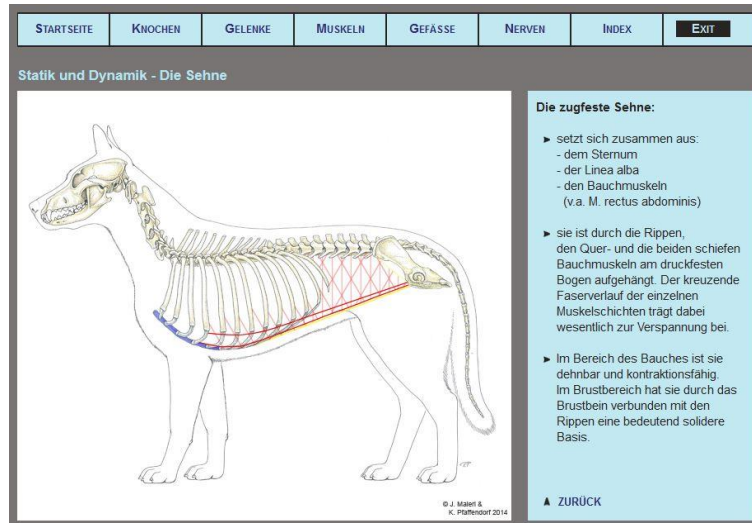


Abb. 19: Programmseite – Sehne (Statik und Dynamik)

Ein Link am Ende der Kapitelstartseite führt zum Muskelquiz (s.u.).

4.1.5 Gefäßkapitel

Das Gefäßkapitel umfasst die Arterien, die Venen und das Lymphsystem des Rückens.

Die Arterien- und Venenkapitel sind grundsätzlich gleich aufgebaut. Zuerst wird der schematische Verlauf einer Segmentalarterie bzw. -vene dargestellt und anschließend in weiteren Unterkapiteln die zu- und abführenden Blutgefäße eines jeden Wirbelsäulenabschnittes sowie des Rückenmarks aufgelistet. Eine Schemazeichnung des jeweiligen Abschnittes befindet sich dabei auf der linken Seite, die Namen der Gefäße als Hyperlinks im Textfeld auf der rechten Seite. Beim Überfahren eines Gefäßes mit der Maus wird dieses isoliert in der Schemazeichnung mit der dazugehörigen Zahl angezeigt (siehe **Abb. 20**). Ein detaillierter Verlauf sowie das Vaskularisationsgebiet der Gefäße mit spezifischen Besonderheiten finden sich in den Übungstabellen.

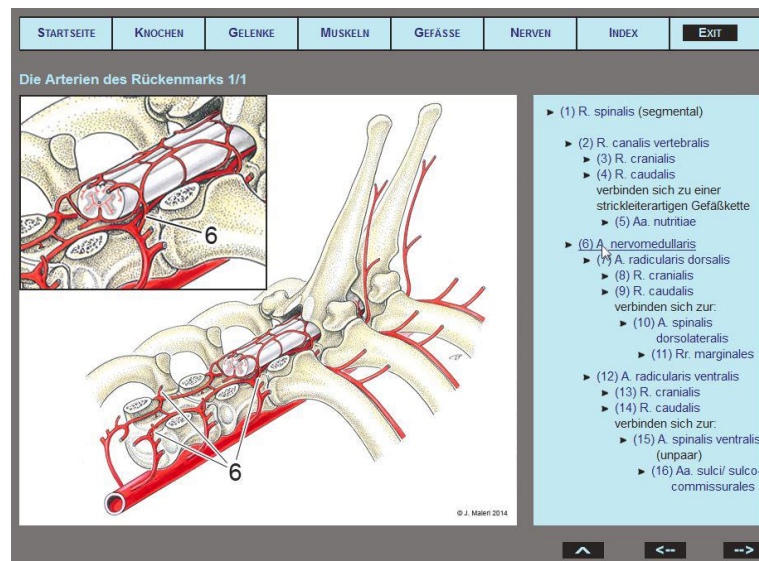


Abb. 20: Programmseite – Arterien des Rückenmarks

Im Unterkapitel zum Lymphsystem findet sich eine Auflistung der für den Rücken zuständigen Lymphzentren. Folgt man den Hyperlinks zu den weiterführenden Seiten, wird das jeweilige Lymphzentrum mit seinen dazugehörigen Lymphknoten genauer erklärt. Auf der linken Seite befinden sich die entsprechenden Bilder zur Lage der Lymphknoten in einer Schemazeichnung, die beim Überfahren des mit einem Hyperlink versehenen Lymphknotens/ -zentrums, diese in der Zeichnung anzeigen. In einer Übersichtsliste sind alle Lymphzentren mit ihren dazugehörigen Lymphknoten aufgelistet.

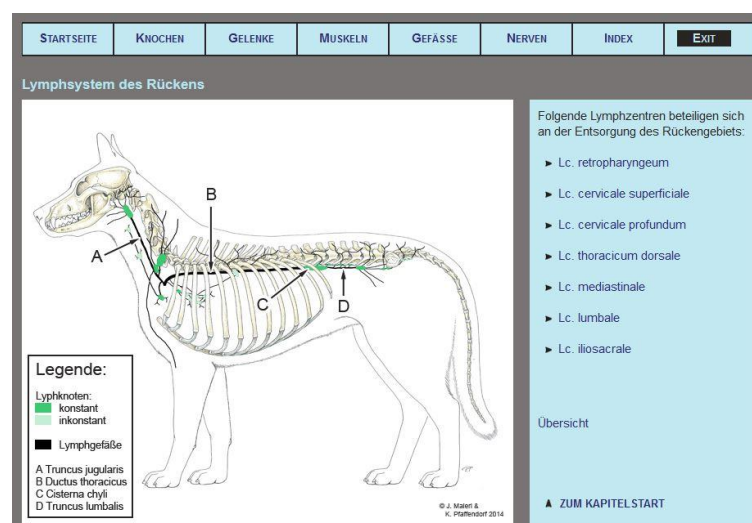


Abb. 21: Programmseite – Lymphsystem

Auch am Ende dieses Kapitels findet sich ein Link, der zum Gefäßquiz (s.u.) führt.

4.1.6 Nervenkapitel

Das Kapitel Nerven umfasst die drei Unterkapitel Spinalnerven, Rückenmark und Hüllen des Rückenmarks. In diesen Unterkapiteln wird sowohl mit Schemazeichnungen als auch einer Vielzahl von Fotos des Nervensystems gearbeitet.

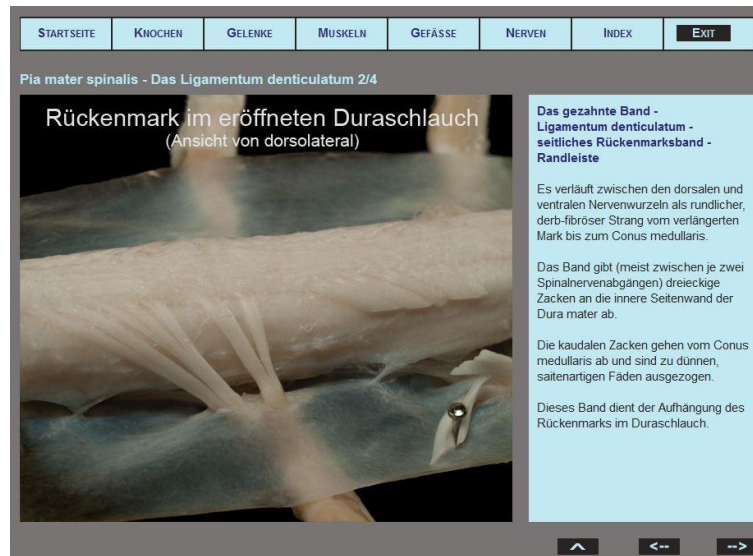


Abb. 22: Programmseite – Lig. denticulatum

Die Darstellung der Spinalnerven ist ähnlich wie die der Gefäße aufgebaut. Als Erstes wird der grundsätzliche Verlauf eines Spinalnerven anhand eines Schemas und in Form eines Fließtextes erklärt. Nachfolgend werden die Spinalnerven segmentweise in ihrem Verlauf und mit ihren Besonderheiten beschrieben. Die Innervationsgebiete sind in Tabellenform realisiert worden, um dem Benutzer das Lernen zu erleichtern.

In den Unterkapiteln Rückenmark und Hüllen des Rückenmarks werden die Inhalte einerseits mit Fließtext, andererseits mit der klassischen Ansicht (links: Bild, rechts: Textfeld mit Hyperlinks) visualisiert.

Ein Link am Ende der Kapitelstartseite führt zum Nervenquiz (s.u.).

4.1.7 Quiz

Jedes Themengebiet hat ein eigenes Quiz. Man erreicht es entweder über die Hyperlinks am Ende einer jeden Kapittelseite oder über den Menüpunkt Quiz in der Menüleiste der Startseite. Mit dem Quiz kann der Benutzer sein Wissen über das

Themengebiet des jeweiligen Kapitels überprüfen. Die Fragen setzen sich aus allen Bereichen des Kapitels zusammen. Je nach Umfang des Kapitels ist das Quiz in vier bis sechs Quizteile aufgliedert.



Abb. 23: Startseite Muskelquiz

Ein Quizteil besteht aus jeweils zehn Fragen, die drei verschiedene Aufgabentypen umfassen können:

1. die „Single Choice“-Aufgaben

Hier ist genau eine Antwortmöglichkeit richtig.

Sie lassen sich durch runde Auswahlbuttons erkennen.

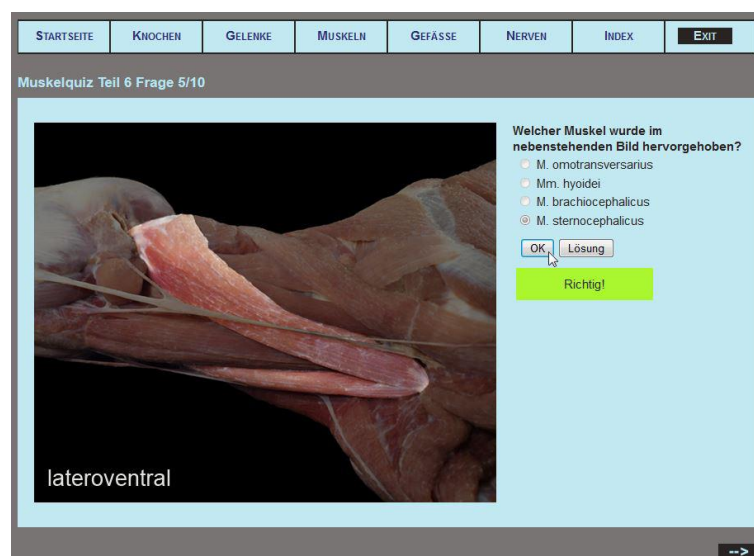


Abb. 24: „Single Choice“-Aufgabe im Muskelquiz

2. die „Multiple Choice“ Aufgaben

Hier können ein oder mehrere Antwortmöglichkeiten richtig sein.

Sie lassen sich durch viereckige Auswahlbuttons erkennen, und auch im Aufgabentext wird darauf hingewiesen, dass mehrere Antworten möglich sind.

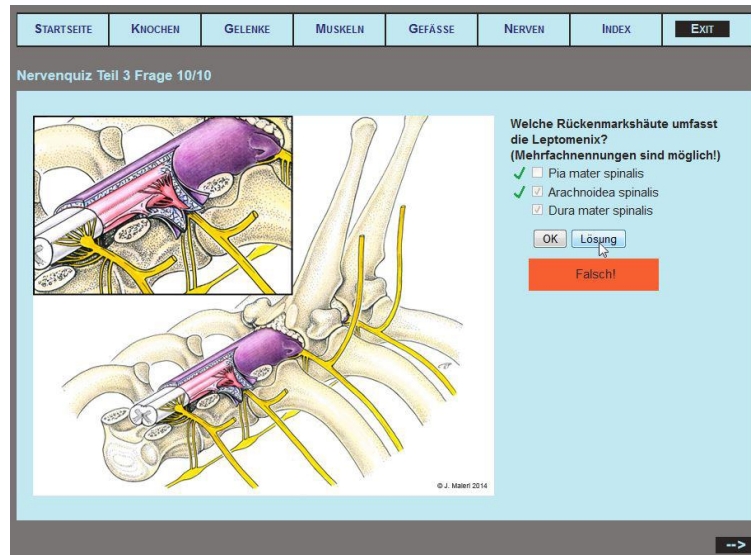


Abb. 25: „Multiple Choice“-Aufgabe im Nervenquiz

3. die "Hot-Spot"-Aufgaben

hier muss der gesuchte Begriff per Mausklick auf der nebenstehenden Grafik identifiziert werden.



Abb. 26: „Hot-Spot“-Aufgabe im Knochenquiz

Hat man sich schließlich für ein oder mehrere Antwortmöglichkeiten entschieden kann die Aufgabe durch einen Mausklick auf den „OK“ Button ausgewertet werden. Dem Benutzer wird daraufhin angezeigt, ob seine Antwort richtig oder falsch ist. Durch einen Klick auf den „Lösung“-Button kann man sich die richtige Lösung anzeigen lassen, die in Form eines Häkchens neben der richtigen Antwort erscheint oder bei den „Hot-Spot“-Aufgaben die gesuchte Struktur im Bild anzeigt.

Zu der nächsten Frage gelangt man über den Navigationspfeil unten rechts. Welche Frage gerade bearbeitet wird, kann man in der Überschrift sehen.

Im Quizteil können innerhalb eines Fragensets keine Fragen übersprungen werden, sondern sie müssen in der vorgegebenen Reihenfolge abgearbeitet werden.

Am Ende eines jeden Quizteils erfolgt eine Auswertung, die dem Benutzer einen Überblick über seinen aktuellen Lernstand gibt.

Die Anleitung zum Quiz ist entweder in der Navigationshilfe zu finden oder kann jederzeit über den „?“-Button in der rechten oberen Ecke einer jeden Quizseite eines Themengebiets oder der Startseite eines Quizteils aufgerufen werden.

4.2 Plastinate und sonstige erstellte Präparate

Die im Rahmen der Dissertation erstellten Nasspräparate wurden nach Abschluss der Arbeiten plastiniert und stehen den Tiermedizinstudenten der LMU- München nun als Dauerpräparate zur Verfügung. Dabei handelt es sich um Präparate von den Gelenkbändern, den Zwischenwirbelscheiben, dem Rückenmark (im eröffneten Wirbelkanal und auch isoliert mit Spinalnerven) und die zahlreichen Muskelpräparate, die teilweise auch die mit Latex ausgegossenen Gefäße zeigen. Sie sollen künftig in der Vorlesung, im Kurs und in Prüfungen eingesetzt werden. Vor allem aber sollen sie den Studenten als Anschauungsobjekte zum Selbststudium und zur Prüfungsvorbereitung dienen, da der Rücken durch seine Komplexität (v.a. im Hinblick auf die übereinandergeschichteten Muskellagen) aus Zeitmangel während des Studiums nicht in den anatomischen Kursen präpariert wird.

Da die Trockenpräparate der Wirbelsäule des juvenilen Hundes, sowie die Kunststoff-Ausgusspräparate der Gelenkhöhlen und der Gefäße sehr empfindlich sind, werden sie den Studenten in der anatomischen Sammlung des Institutes zugänglich gemacht.

5 Diskussion

5.1 Traditionelle Lehrmethoden und CUL im Vergleich

5.1.1 Traditionelle Lehr- und Lernmethoden: Vor- und Nachteile

Traditionelle Lehr- und Lernmethoden beinhalten einerseits den klassischen Frontalunterricht, wie Vorlesungen, Seminare und Kurse, andererseits werden hierzu auch Bücher und Skripte gezählt (THIEDE, 2004).

Die Vorteile des Frontalunterrichtes liegen in seiner sozialen Komponente. Durch die Anwesenheit eines Lehrkörpers und der Studenten können Fragen zu den Lehrinhalten sofort aufgegriffen und diskutiert werden. Die Studierenden können durch den Vortragenden oder auch durch andere Gruppenmitglieder zum Lernen motiviert werden (ALBERT, 2010). Dadurch ergibt sich eine hohe Lerneffektivität und die Möglichkeit, handlungsorientierte Prozesse zu vermitteln (THIEDE, 2004).

Die Nachteile des Frontalunterrichtes liegen in den hohen Kosten sowie der örtlichen und zeitlichen Begrenzung (THIEDE, 2004). Zudem müssen sich die Studierenden dem vorgegebenen Lerntempo des Lehrenden anpassen. Innerhalb des Frontalunterrichtes kann unmöglich auf die individuelle Leistungsfähigkeit und die Bedürfnisse eines Einzelnen eingegangen werden (BIELOHUBY et al., 2004).

Die Vorteile von Büchern liegen darin, dass sie jedem zugänglich sind und man unabhängig von Ort und Zeit in seinem eigenen Lerntempo arbeiten kann (ALBERT, 2010). Zusätzlich kann man sich (zumindest bei eigenen Büchern und Skripten) wichtige Abschnitte im Text markieren und so schnell wiederfinden bzw. muss für die Wiederholung des Lernstoffes weniger Zeit aufwenden (THIEDE, 2004).

Zu den Nachteilen zählen die meist lineare Schriftform, die weder Sprünge zulässt, noch eine Suchfunktion besitzt und zudem ein hohes Maß an Selbstdisziplin bei der Durchführung von Lerneinheiten erfordert (THIEDE, 2004). Außerdem können v. a. Bücher nicht permanent überarbeitet und neu gedruckt werden, womit ihre Aktualität oft nicht gewährleistet ist (ALBERT, 2010).

5.1.2 Computerunterstütztes Lernen: Vor- und Nachteile

Die Vorteile des Computerunterstützten Lernens sind vielfältig. Zum einen ermöglichen Lernprogramme dem Studierenden einen einfachen und kostengünstigen Zugang zu aktuellen Informationen (BIELOHUBY et al., 2004). Die

Programme können dabei unabhängig von teuren bzw. speziellen Instrumenten, Präparaten und Büchern bereitgestellt werden (BOEKER und KLAR, 2006). Dem Lernenden ist es dabei möglich in seinem eigenen Lerntempo zu arbeiten, unabhängig von Ort, Zeit und der Anwesenheit eines Lehrkörpers (BIELOHUBY et al., 2004). Es ermöglicht ihm zudem die Einsparung von Zeit und Kosten für die Fahrt zu den Fortbildungsveranstaltungen (RUF et al., 2008). Besonders im Vergleich zu Büchern, die sich aufgrund von Platz- und Kostengründen auf das Wesentliche beschränken müssen, haben computerunterstützte Lernprogramme den Vorteil, dass sie sowohl physiologische als auch pathologische Gegebenheiten mit einer größeren Anzahl von Bildern und zusätzlichen Videos erklären und darstellen können (EHLERS und FRIKER, 2003). Durch die Kombination von Texten mit qualitativ hochwertigen Bildern, Videos und Audios werden verschiedene Regionen im Gehirn angesprochen, wodurch sich der Lernerfolg erhöht (BIELOHUBY et al., 2004). Zudem kann der Inhalt zur Navigation, Suche und für Recherchen schnell erschlossen werden (BOEKER und KLAR, 2006). Mittels Wissenstest kann der Studierende seinen Lernerfolg überprüfen, was ihn motiviert und den Lernprozess durch ein hilfreiches Feedback zu seinen Aktionen zusätzlich positiv unterstützt (HUWENDIEK et al., 2008). Außerdem können computerunterstützte Lernprogramme, im Vergleich zur Literatur, einfacher, schneller und kostengünstiger aktualisiert werden.

Allerdings besitzt das CUL wie alle Lehrformen auch Nachteile. Dazu gehören zu allererst der Besitz oder die Verfügbarkeit eines Computers gepaart mit dem Basiswissen über die Benutzung desselben. Sollte eine dieser Komponenten fehlen, ist es dem Studierenden schlecht oder überhaupt nicht möglich, ein Lernprogramm zu nutzen, und sollte es sich bei diesem Programm noch dazu um ein WBT handeln, ist ein Internetanschluss oder der Zugang zu dem benötigten Netzwerk unabdingbar. Allerdings verfügten bereits 2002 ca. 90% der Studierenden über einen Computerzugang und ca. 70% über einen Internetzugang (EHLERS et al., 2002). Heutzutage ist es jedem Studenten möglich, in einem der zahlreichen CIP-Pools der Universitäten, Zugang zu einem Rechner mit Internetanschluss zu erhalten (LMU MÜNCHEN, 2013). Zudem kann sich einer der Vorteile, nämlich die Abwesenheit des Lehrkörpers, als Nachteil erweisen, denn wie bei Büchern ist ein selbständiges Lernen notwendig, was manchem Studierenden nicht leicht fällt (ALBERT, 2010). Außerdem ist es über ein Computerprogramm schwieriger, den Studierenden persönliche Erfahrungen und praktische Fähigkeiten zu übermitteln (THIEDE, 2004).

5.1.3 Blended Learning

Studien ergaben, dass das E-Learning verglichen mit traditionellen Lehrmethoden vergleichbare Lernergebnisse erzielt. Wenn die beiden, wie beim Blended Learning, jedoch gemeinsam eingesetzt werden, zeigt sich bei den Studierenden ein positiver Effekt auf den Lernerfolg (BOEKER und KLAR, 2006). Das dürfte einer der Gründe sein, weswegen nach Meinung der meisten E-Learning-Experten die Idee der rein virtuellen Bildungsinstitution trotz technischer Machbarkeit wohl nicht weiter verfolgt werden wird. Stattdessen setzt man mit der Verschmelzung von Präsenzunterricht und E-Learning in der Lehre vermehrt auf das Blended Learning. Schließlich sollen die E-Learning Programme weder das Lehrpersonal ersetzen noch die Begegnung der Studierenden und Lehrenden verhindern. Ihr Ziel ist es, ein gezieltes Zusatzangebot für die Studierenden zu schaffen um damit die Effektivität des Unterrichts zu steigern (LENOBLE, 2005). Durch den Einsatz von computerassistierten Lernprogrammen, die z.B. die zeitaufwendige Vermittlung des Basiswissens erledigen, hätte das Lehrpersonal mehr Zeit für die Erklärung komplexer Zusammenhänge und könnte auch besser auf die individuellen Belange der Studierenden eingehen (EHLERS und FRIKER, 2003). Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass Blended Learning effektiver und angenehmer für Lernende ist, als die Reinformen des Frontalunterrichts oder Computerunterstützten Lernens, weshalb es sowohl von Lehrenden als auch von Lernenden bevorzugt wird (HANDKE und SCHÄFER, 2012).

5.2 Computerunterstütztes Lernen in der Tiermedizin

Der Ausbau von E-Learning-Angeboten an den Hochschulen ist unter anderem Teil des Hochschulpakts 2020, der zur Verbesserung der Studienbedingungen, zur Weiterentwicklung guter Lehre und zur Sicherung der Erfolge der Studienreform beitragen soll (KMK und GWK, 2012). An der Tierärztlichen Fakultät der LMU München sind bereits zahlreiche solcher Programme realisiert worden. Am Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie wurde in den letzten Jahren mit Programmen wie „INSIDEDOG: THE HEAD“ Virtuelle Realität in der Veterinäranatomie“ (BLANCK, 2003), „BovineDigit“ ein multimediales 3D Lernprogramm“ (ZENGERLING, 2004), „Computer basiertes Lernprogramm über die physikalisch-technischen Grundlagen der Sonografie beim Kleintier“ (STRECK, 2004), Multimediales Lernprogramm zur Sonografie von Milz, Leber und Pankreas

bei gesunden Hunden und Katzen“ (HOCKE, 2005) und „„Der Pferdekopf“ - ein interaktives Lernprogramm“ (ALBERT, 2010) um nur einige zu nennen, ein guter Grundstein gelegt. So wie in der Tieranatomie sind in fast allen Bereichen der tiermedizinischen Lehre entsprechende Programme entstanden. Darunter, um nur ein paar Beispiele anzuführen, „Eine Multimedia-Lern-CD-ROM - Parasitosen des Nutzgeflügels und der Ziervögel unter praxisrelevanten Bedingungen“ (THIEDE, 2004) am Lehrstuhl für Vergleichende Tropenmedizin und Parasitologie oder auch „Erstellung eines computergestützten Lernprogramms zum Ausdrucksverhalten des Hundes“ (HINDERBERGER, 2008) am Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung. Einige dieser Programme stehen den Studierenden bereits über das Studienportal zur Verfügung, wie z. B. SonoBasics, ein Lernprogramm zur abdominalen Sonografie bei Hund und Katze, das allen Studenten ab dem 5. Fachsemester frei zugänglich ist (FLASWINKEL, 2011). Andere Programme wie „Reproduktionsmedizinische CASUS-Fälle in der Tiermedizin“ von Dr. Oliver Stadler, deren Bearbeitung ein obligatorischer Teil der siebenwöchigen Rotation an der Klinik für Wiederkäuer darstellt, und bis vor kurzem noch über die virtuelle hochschule bayern (vhb) angeboten wurden (STADLER und EHLERS, 2013), können jetzt direkt auf der Internetseite der Klinik für Wiederkäuer angefordert werden (STADLER, 2013). Aber nicht nur im Bereich der tierärztlichen Ausbildung, sondern auch in der tierärztlichen Fortbildung werden mehr und mehr Computerunterstützte Lernprogramme angeboten. Allein die Akademie für tierärztliche Fortbildung (ATF) bietet auf der Internetseite der Bundestierärztekammer für das Kalenderjahr 2013 zwölf E-Learning-Veranstaltungen zur Fortbildung für Tierärzte an (BUNDESTIERÄRZTEKAMMER, 2013). Auch die Fortbildungsmodule der CVE Impulse des Veterinär Verlags kann man online von zu Hause oder unterwegs einsehen und bearbeiten (VETERINÄR VERLAG, 2013).

5.3 Das Lernprogramm „Der Rücken des Hundes“

Mit dem Lernprogramm „Der Rücken des Hundes“ ist nun ein weiteres Programm aus einer Reihe von ausgewählten Themen zu der Anatomie der Haussäugetiere fertig gestellt worden. Das Programm von Frau Dr. Albert „„Der Pferdekopf“ – ein interaktives Lernprogramm“ (ALBERT, 2010) war das erste dieser Reihe, und nun soll eine Programmreihe zur Schulter- und Beckengliedmaße sowie zum Rücken des Hundes folgen. Die Programme zur Anatomie des Hundes sollen sowohl optisch als

auch funktionell als Programmreihe erkennbar sein. Zusätzlich soll es möglich sein, sie bei Bedarf unkompliziert zu erweitern. Das alles ließ sich mit einer Web-Programmierung mittels HTML, Cascading Stylesheets (CSS) und JavaScript realisieren.

Als standardisierte Programmiersprache kann HTML in jedem gängigen Browser abgespielt werden und benötigt keine spezielle Software zur Programmierung, da es in jedem einfachen Texteditor bearbeitet werden kann. Durch seinen bausteinartigen Aufbau ist es relativ leicht, Änderungen und Erweiterungen umzusetzen. Diese Programmiersprache ist auch für Laien relativ einfach zu erlernen, was sowohl für die Erstellung, als auch für die Pflege des Programms durch Programmierlaien von Vorteil ist. HTML eignet sich sowohl für online- als auch für offline- Anwendungen und ermöglicht die unterschiedlichsten Arten von Medien, wie z.B. Grafiken und auch Videos zu integrieren.

Das Layout wurde mittels Cascading Stylesheets (CSS) erstellt. Dadurch, dass die Layoutinformationen zentral verwaltet werden, ist es relativ schnell möglich, das gesamte Layout zu verändern und anzupassen.

Interaktive Prozesse wie z.B. die Quizaufgaben wurden mit Hilfe von JavaScript realisiert. Auch hier sind die dazugehörigen Funktionen zentral hinterlegt und können relativ einfach für das ganze Programm angepasst werden.

Ein vergleichbares Lernprogramm, welches den Hunderücken zumindest ansatzweise beinhaltet, ist das englischsprachige Programm "Virtual Canine Anatomy" (COLLEGE OF VETERINARY MEDICINE & BIOMEDICAL SCIENCES, 2012). Hierbei handelt es sich um ein sehr umfangreiches Programm zur gesamten Anatomie des Hundes. Die aufwändig erstellten Präparate beschäftigen sich vor allem mit der topographischen Anatomie, die detailliert in einzelnen Präparationsschritten dargestellt wird. Allein die fotografische Umsetzung ist leider nicht immer optimal, was den optischen Eindruck mindert. Der generelle Seitenaufbau beinhaltet ein Bild des Präparates mit einer alphabetisch sortierten Auflistung aller sichtbaren Strukturen. Die Begriffe der Liste setzen sich aus Hyperlinks zusammen, die beim Anklicken zum einen die gewünschte Struktur im Bild hervorheben und gleichzeitig im Textfeld darunter eine detaillierte Beschreibung anzeigen. Anders als im vorliegenden Programm kann man hier auch eine Struktur im Bild anklicken, um weitere Informationen über diese zu erhalten. Mit Ausnahme der Muskelbezeichnungen wird in diesem Programm mit den englischen Begriffen

der einzelnen Strukturen und nicht mit denen der NAV (2012) gearbeitet. Das behindert sowohl das Erlernen der korrekten Fachbegriffe als auch die Verwendung der Suchfunktion für Nicht-Muttersprachler. Zusätzlich wird dadurch die Bearbeitung von Quizfragen erschwert, die eine Texteingabe erfordern.

Das Lernprogramm wird entsprechend der Körperregionen in einzelne Kapitel unterteilt. Zu den anatomischen Strukturen des Hunderückens wurde leider kein eigenes Kapitel angelegt. Dennoch werden einige Themen, die den Rücken des Hundes betreffen, in verschiedenen Kapiteln des Programms aufgeführt. Die Knochen der Wirbelsäule findet man sowohl abschnittsweise in den Kapiteln der einzelnen Körperregionen als auch im Ganzen im Nervensystemkapitel („CNS/ANS“). Die Wirbel werden sowohl in ihren jeweiligen Wirbelsäulenabschnitten, als auch beispielhaft an einzelnen Wirbeln detailliert und aus mehreren Perspektiven dargestellt. Auch hier werden die Wirbel mit „Sonderstellung“ (Atlas, Axis, Os sacrum) noch einmal gesondert beschrieben. Nur der Schwanzwirbel wird nicht genauer behandelt. Die Rippen werden in ihren Grundbestandteilen dargestellt. Im Halskapitel („The Neck“) findet man Informationen über die Kopfgelenke mit ihren beteiligten Knochenstrukturen, jedoch keine Bilder zu den Gelenkhöhlen oder -bändern. Die übrigen Verbindungen der Wirbel untereinander und die Rippen-Wirbelgelenke werden nicht gesondert besprochen. Die Muskeln werden, genau wie die Gefäße und Nerven, anhand von einzelnen Präparationsschritten gezeigt. Für jeden Körperabschnitt wurde eine Präparationsreihe angefertigt, durch die man sich von der äußeren Hautschicht nach und nach in tiefere Muskelschichten klicken kann. Dabei trifft man in den Kapiteln Hals („The Neck“), Vordergliedmaße („The Thoracic Limb“) und Thorax („The Thorax“) auf einige Rückenmuskeln. Dadurch, dass der Bildausschnitt jedoch passend für das jeweilige Kapitelthema gewählt ist, bekommt man die Rückenmuskeln nie in ihrer ganzen Ausdehnung, sondern nur abschnittsweise zu sehen. Auch werden nicht alle Rückenmuskeln gezeigt. Die Präparationstiefe endet meist beim medialen bzw. lateralen System der langen Hals- und Rückenmuskeln oder schon davor. So werden die kurzen Hals- und Rückenmuskeln gar nicht behandelt und auch die besonderen Bewegungen des Kopfes, die Schwanz- und die Beckengürtelmuskulatur bleiben unbearbeitet. Die Beschreibung der Gefäße und Nerven beschränkt sich auf diejenigen, welche während der Präparationsschritte sichtbar sind. Im Nervensystemkapitel („CNS/ANS“) wird schrittweise eine Laminektomie der gesamten Lumbosakralgegend gezeigt. Im eröffneten Wirbelkanal sind das Rückenmark mit den Abgängen der

Spinalnerven und der Cauda equina zu sehen. Die einzelnen Kapitel beinhalten auch jeweils ein Quiz zur Überprüfung des Erlernten.

Zusammengefasst handelt es sich hierbei um ein sehr umfangreiches und detailliertes Lernprogramm, das aber gerade im Hinblick auf den Rücken Schwächen aufzeigt. Die fehlende Systematik erschwert es, Muskeln, Gefäße und auch Nerven in ihrem gesamten Verlauf zu verstehen, da sich die Beschreibungen nur auf die vorliegenden Strukturen beschränken. Vor allem bei den Muskeln braucht man ein großes Vorwissen, um sie überhaupt den Rückenmuskeln zuordnen zu können. Auch die alphabetische Anordnung der gezeigten Strukturen erschwert es, den systematischen Zusammenhang zwischen den Muskelgruppen oder auch der Gefäßverzweigung zu verstehen. Positiv hervorzuheben ist allerdings die Tatsache, dass man die Strukturen im Bild anklicken kann, um zu erfahren, um welche es sich dabei handelt und auch um mehr Informationen über sie zu erhalten. Das lässt den Benutzer schnell den topographischen Zusammenhang zwischen einzelnen Themengebieten erfassen, verleitet aber auch dazu, sich in dem Bild zu verlieren anstatt sich gezielt auf ein Thema zu konzentrieren.

Das vorliegende Lernprogramm „Der Rücken des Hundes“ unterscheidet sich von dem oben vorgestellten Programm dahingehend, dass hier speziell die Anatomie des Hunderückens behandelt wird. Es ist auf Deutsch und alle Fachbegriffe werden gemäß der NAV (2012) und NEV (2006) verwendet. Das erleichtert vor allem dem deutschsprachigen Benutzer die Anwendung des Programms, und auch ausländischen Studenten ist es möglich, durch die Verwendung der lateinischen Fachbegriffe, zumindest die Strukturen in den Bildern zu identifizieren.

Im Gegensatz zum Programm der Colorado State University ist es in Themengebiete unterteilt, die wiederum eine systematisch klar strukturierte Gliederung erfahren. Das ermöglicht dem Studenten die Orientierung zu behalten und gezielt mit einzelnen Themenkomplexen zu arbeiten. Die grundlegenden Informationen zum jeweiligen Themengebiet sind meist auf einen Blick ersichtlich und müssen nicht erst herausgeklickt werden. Vertiefende Hintergrundinformationen stehen auf weiterführenden Seiten zur Verfügung. Die Übungstabellen fassen die wichtigsten Inhalte noch einmal zusammen und ermöglichen es dem Benutzer sich selbst abzufragen. Die bildliche Darstellung der Inhalte erfolgt durch ansprechende und qualitativ hochwertige Fotos, welche die zu zeigenden Strukturen in der bestmöglichen Form präsentieren. Schwierig darzustellende Bildinhalte werden durch übersichtliche und anschauliche Schemazeichnungen ergänzt. Der Index stellt

durch seine Gestaltung mittels Hyperlinks eine übersichtliche und handliche Nachschlageoption dar. Jedes Themengebiet beinhaltet auch ein eigenes Quiz, welches nochmals in einzelne Teile zu je 10 Fragen untergliedert ist. Das ermöglicht es dem Benutzer die Inhalte des jeweiligen Kapitels gezielt und in kleinen Einheiten zu üben.

Zusammenfassend betrachtet bringt das Lernprogramm „Der Rücken des Hundes“ den Studenten der Veterinärmedizin ein sehr komplexes Thema der Anatomie näher. Es stellt für die Studenten der Vorklinik eine gute Möglichkeit dar, sich mit den anatomischen Strukturen des Hunderückens auseinanderzusetzen, da dieses Thema, aufgrund des Zeitmangels, in der Lehre meist zu kurz kommt. Aber auch höheren Semestern und praktizierenden Tierärzten kann es bei anatomischen Fragestellungen als handliches und übersichtliches Nachschlagewerk dienen.

5.4 Erstellte Präparate und Plastinate

Trotz des Versuches, den Lernstoff so anschaulich wie möglich, in Form von Bildern oder Schemazeichnungen, in Fachbüchern oder, wie in dieser Arbeit, detailliert in einem Computerlernprogramm darzustellen, ist es für die Studenten oft unerlässlich, das Präparat selbst vor sich liegen zu haben und es nach Belieben drehen und wenden zu können um den optimalen Eindruck zu gewinnen. Da es den Studenten der Veterinärmedizin der LMU-München nicht möglich ist, die Verhältnisse am Hunderücken, auf Grund ihrer Komplexität gepaart mit dem Zeitmangel in der Lehre, selbst in Kursen zu erarbeiten, bleibt ihnen dafür oft nur die Möglichkeit des Selbststudiums anhand von bestehenden Präparaten. Die während dieser Arbeit entstandenen Plastinate und Trockenpräparate leisten dazu einen großen Beitrag, indem sie den Studenten als Anschauungsmaterial zur Verfügung stehen.

Die im Rahmen des Wahlpflichtfaches erstellten Rückenpräparate haben nicht nur den Vorteil, dass sie jetzt als Plastinate allen Studenten als Anschauungsobjekte zur Verfügung stehen, sondern durch sie haben auch die am Wahlpflichtfach beteiligten Studenten einen enormen Wissenszuwachs erhalten. Sowohl über die anatomischen Strukturen des Hunderückens, als auch über die feinpräparatorische Arbeit am Präparat. Nur wenige der in diesem Rahmen erstellten Präparate hatten jedoch bei ihrer Fertigstellung die Qualität es als Bild in das Lernprogramm zu schaffen. Das lag vor allem daran, dass sich das Wahlpflichtfach mit nur einer Semesterwochenstunde über das gesamte Semester zog und die Präparate nach wochenlanger Lagerung an

Farbe und Struktur eingebüßt haben. Den Studenten fiel es auch sichtlich schwer, sich nach einer Woche wieder neu in ihr Präparat einzuarbeiten, nur um es wegen anderer Unterrichtsverpflichtungen nach kurzer Zeit wieder wegzulegen. In Zukunft wäre es sinnvoller, solche Projekte über einen kürzeren Zeitraum zu realisieren. Etwa in den Semesterferien, wenn die Studenten, fernab von Semester- und Prüfungsalltag, die Zeit und Muße haben, sich ernsthaft mit dem Stoff auseinanderzusetzen, was für ein so komplexes Thema wie den Rücken sehr wichtig ist. Außerdem ist dann der Präparationsfortschritt für die Studenten deutlicher zu erkennen, was wiederum motiviert weiterzumachen.

6 Zusammenfassung

„Der Rücken des Hundes“ - ein interaktives Lernprogramm zur Anatomie

Mit dem im Rahmen dieser Arbeit erstellten Programm „Der Rücken des Hundes“ steht erstmals ein umfangreiches und detailliertes Computerlernprogramm zur Verfügung, welches sich thematisch mit der komplexen Anatomie des Hunderückens befasst.

Der schriftliche Teil dient als Grundlage für das Lernprogramm und behandelt die anatomischen Strukturen des Hunderückens auf Basis der geläufigen deutsch- und englischsprachigen Fachliteratur.

Das Lernprogramm selbst wurde mittels HTML, Cascading Stylesheets (CSS) und JavaScript programmiert und ist somit in allen gängigen Browsern lauffähig. Inhaltlich ist es in fünf große Themenkomplexe unterteilt. Die einzelnen Kapitel umfassen die Knochen, die Gelenke, die Muskeln, die Gefäße und das Nervensystem des Hunderückens und sind jeweils systematisch untergliedert.

Die Themengebiete werden anhand einer Vielzahl von Präparatfotos anschaulich dargestellt. Als Grundlage für die Fotos dienten eigens für diesen Zweck, sehr aufwändig erstellte Präparate. In den Fällen, in denen ein Präparat nicht ausreicht oder es mit vertretbarem Aufwand nicht möglich war, die betreffenden Strukturen didaktisch sinnvoll darzustellen, werden Schemazeichnungen verwendet.

Die wesentlichen Inhalte eines Kapitels wurden jeweils in interaktiven Übungstabellen zusammengefasst, die es dem Benutzer ermöglichen, sich selbst abzufragen. Um den Lernerfolg zu überprüfen, gibt es für jedes Themengebiet ein umfangreiches Quiz. Des Weiteren beinhaltet das Lernprogramm ein alphabetisch sortiertes Stichwortverzeichnis in Form eines umfangreichen Index, einen Anhang mit der verwendeten Fachliteratur sowie ein Abkürzungsverzeichnis und eine Navigationshilfe.

Das Computerlernprogramm soll vor allem den Studierenden der Veterinärmedizin in der Vorklinik bei der Vor- und Nachbereitung des Anatomiestoffes für Lehrveranstaltungen dienen und sie bei der Physikumsvorbereitung unterstützen. Aber auch höheren Semestern und praktizierenden Tierärzten soll es bei

anatomischen Fragestellungen als handliches und übersichtliches Nachschlagewerk dienen und ihr Wissen über die anatomischen Strukturen des Hunderückens auffrischen und erweitern.

Die im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Präparate stehen den Studenten als Anschauungsobjekte zum Selbststudium und zur Prüfungsvorbereitung zur Verfügung und können zu Vorlesungen, im Kurs oder auch in den Prüfungen eingesetzt werden.

7 Summary

"The Dog's Back" - an interactive, anatomical learning program

With "The Dog's Back", which has been developed as part of this thesis, there is now a comprehensive and detailed computer-based learning program, which thematically deals with the complex anatomy of the dog's back.

The written part acts as the basis for the learning program and deals with the anatomical structures of the dog's back. It is based on the common specialist literature available in German and English.

The learning program itself has been written in HTML, Cascading Stylesheets (CSS) and Javascript and therefore runs on all common browsers. In terms of content, it is divided into five major themes. The individual chapters deal with bones, joints, muscles, the vascular system and nervous system of the dog's back. Each chapter is divided systematically within its topic.

The subject areas are illustrated with the help of photos of anatomical specimens, made specifically for this purpose. In some cases schematic drawings were used, where the level of detail they provide would have been greatly outweighed by the expenditure of effort necessary to prepare a didactically comparable specimen.

The essential content of each chapter has been summarized in interactive study tables, which allow the users to quiz themselves. In order to assess their understanding of the material, there is an extensive quiz for each subject area. In addition, the learning program contains an alphabetical index, an appendix of the cited specialist literature, an abbreviation index, as well as a navigational aid.

The learning program is primarily geared towards veterinary students during their preclinical semesters, to aid in their preparation for the anatomical subject matter and as support for their preliminary medical examination. At the same time, it shall serve more advanced students and practicing veterinarians as a convenient and clear reference tool to refresh and expand their knowledge of the anatomical structures of the dog's back.

The anatomical specimens which resulted from this thesis are available to students as study objects and for test preparation. They can also be utilized in classes, seminars and for tests.

8 Anhang

Tab. 1: extravertebrale Anastomosen der Vv. intervertebrales

Die Venen bilden laut Bezuidenhout (2013c) folgende größere extravertebrale Anastomosen:

Die	anastomosiert mit der
V. intervertebralis cervicalis I bis VIII	V. vertebralis
V. intervertebralis thoracalis I, II, III	V. costocervicalis, V. vertebralis thoracica
V. intervertebralis thoracalis IV sinistra (zu 50%)	V. vertebralis thoracica
V. intervertebralis thoracalis IV/ V sinistra bis V. intervertebralis thoracalis IX/ X sinistra	V. azygos dextra
V. intervertebralis thoracalis IX/ X sinistra bis V. intervertebralis thoracalis XIII sinistra	V. hemiazygos sinistra
V. intervertebralis thoracalis IV dextra bis V. intervertebralis lumbalis III dextra	V. azygos dextra
V. intervertebralis lumbalis IV (V) und V (VI)	V. cava caudalis
V. intervertebralis lumbalis VI und VII	V. iliaca interna oder direkt in die V. iliaca communis bzw. V. cava caudalis
V. intervertebralis lumbalis VII	V. iliaca interna
V. intervertebralis sacralis I (II)	V. glutea cranialis
V. intervertebralis sacralis II (III)	V. pudenda interna
V. intervertebralis caudalis I bis IV	V. sacralis mediana, V. iliaca interna

Tab. 2: Verwendete Hunde:

Themengebiet	Präparat	Nr	Rasse	m/w	Gew.
Knochen					
	Wirbelsäule, juvenil	1	Schäferhund	w	8,5 kg
	Wirbelsäule, adult	2	Mischling	m	20,5 kg
Gelenktausgüsse					
Gelenktausguss Reckli	gemeinsame Gelenkhöhle des Atlantoakzipital- und Atlantoaxialgelenks, die Wirbelbogengelenke der Halswirbelsäule	3	Hovawart	m	30 kg
Gelenktausguss Latex (1)	Wirbelbogengelenke der Halswirbelsäule	4	Dobermann	m	24 kg
Gelenktausguss Latex (2)	gemeinsame Gelenkhöhle des Atlantoakzipital- und Atlantoaxialgelenks, die Wirbelbogengelenke der Halswirbelsäule	5	Golden Retriever	m	25 kg
Gelenktausguss Latex (3)	Rippenkopf- und Rippenhöckergelenke	6	großer Mischling	w	27,5 kg
Zwischenwirbelscheiben					
	Zwischenwirbelscheiben der Lendenwirbelsäule und Übergang Kreuzbein	7	Mischling	m	20,5 kg

Themengebiet	Präparat	Nr	Rasse	m/w	Gew.
Bandpräparate					
	Bänder der Wirbelsäule; Atlas bis Schwanzwirbel incl. prox. Rippen (ca. 2,5 cm) und Becken	8	Rehpinscher	w	8 kg
Muskelpräparate					
	Hautmuskulatur	9	Dobermann	w	30 kg
	Schultergürtelmuskeln, Bauchmuskulatur, Gliedmaßenmuskulatur Schwanzmuskulatur, Faszien oberfl. Lnn. und Gefäße	10	Cocker Spaniel	m	15 kg
	Schultergürtelmuskeln, Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur, Faszien	11	Mischling	m	25 kg
	Schultergürtelmuskeln, Lange Hals- und Rückenmuskeln, Muskeln der Seitenzone Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur	12	Mischling	m	15 kg
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Muskeln der Seitenzone Beckengürtelmuskulatur, Rote Latexinjektion der Arterien	13	Golden Retriever	m	30 kg

Themengebiet	Präparat	Nr	Rasse	m/w	Gew.
Muskelpräparate					
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Muskeln der Seitenzone Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur	14	Mischling	m	19 kg
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Lig. nuchae, Besondere Bewegungen des Kopfes, Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur	15	Mischling	m	16 kg
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur	16	Rauhhaardackel	m	12 kg
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Kurze Hals- und Rückenmuskeln, Muskeln der Seitenzone, Schwanzmuskulatur	17	Mischling	w	22 kg
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Kurze Hals- und Rückenmuskeln, Muskeln der Seitenzone, Schwanzmuskulatur	18	Beagle	w	18 kg

Themengebiet	Präparat	Nr	Rasse	m/w	Gew.
Muskelpräparate					
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Kurze Hals- und Rückenmuskeln, Muskeln der Seitenzone, Besondere Bewegungen des Kopfes	19	Cavalier King Charles Spaniel	w	14 kg
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Kurze Hals- und Rückenmuskeln, Muskeln der Seitenzone, Besondere Bewegungen des Kopfes	20	Mischling	w	16,5 kg
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Kurze Hals- und Rückenmuskeln, Besondere Bewegungen des Kopfes	21	Dackel	m	10 kg
	Muskeln der Seitenzone Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur, Rückenmark mit Hüllen, Austritte Spinalnerven	22	Mops	w	8,5 kg
	Lange Hals- und Rückenmuskeln, Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur, Ventraläste der Lendennerven	23	West Highland White Terrier	m	9 kg

Themengebiet	Präparat	Nr	Rasse	m/w	Gew.
Muskelpräparate					
	Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur, Rückenmark mit Cauda equina dazu dorsale Wirbelbögen der Lendenwirbel, des Kreuzbeins und der ersten drei Schwanzwirbel entfernt	24	Rauhhaar- dackel	w	12 kg
	Beckengürtelmuskulatur, Schwanzmuskulatur, Rückenmark mit Cauda equina dazu dorsale Wirbelbögen der Lendenwirbel und des Kreuzbeins entfernt	25	Kurzhaar- dackel	m	13 kg
	Ventrale Schwanzmuskulatur; Becken von ventral aufgesägt um freien Blick auf die Muskeln zu haben	26	Dalmatiner	m	20 kg
	Bänder der Wirbelsäule; 10 Wirbel, Th9-L5 Wirbelkanal linksseitig von Th11-L3 längs eröffnet um einen Blick auf das Lig. longitudinale dorsale zu erhalten	27	Mischling	w	15 kg

Themengebiet	Präparat	Nr	Rasse	m/w	Gew.
Muskelpräparate					
	Bänder der Wirbelsäule; Bänder der ersten beiden Wirbelgelenke; Kopf, Knochen des Stammes, Becken, dorsaler Atlasbogen + kran. Teil des Dens + Teile des Schädeldachs entfernt um den Blick auf die Bänder der ersten beiden Wirbelgelenke zu ermöglichen	28	Mischling	m	28 kg
	Bänder der Wirbelsäule; Bänder der ersten beiden Wirbelgelenke; Mm. interspinales; Kopf, Knochen des Stammes, Becken, dors. Atlasbogen + kran. Teil des Dens + Teile des Schädeldachs entfernt um den Blick auf die Bänder der ersten beiden Wirbel- gelenke zu ermöglichen	29	Mischling	w	26 kg
Gefäße					
Gefäßinjektion Reckli	Knochen und Gefäßinjektion der Arterien mit rotem Reckli	30	Beagle	w	15 kg

Themengebiet	Präparat	Nr	Rasse	m/w	Gew.
Gefäße					
Gefäßinjektion Latex (1)	Knochen und Gefäßinjektion der Venen mit blauem und der Arterien mit rotem Latex; Eröffnung der dorsalen Wirbelbögen im Brust-, Lenden- und Kreuzbeinbereich um die Gefäße im Wirbelkanal zu zeigen	31	Mischling	m	16,5 kg
Gefäßinjektion Latex (2)	Siehe Muskelpräparat Nr. 13				
Rückenmark					
	Rückenmark incl. Rückenmarkshäute und Spinalnerven	32	Schäferhund -mischling	w	26 kg
	Rückenmark incl. Rückenmarkshäute und Spinalnerven	33	Golden Retriever	m	34 kg
Längs-/ Querschnitte					
	Spinalnervenaustritt, Faszien, Zwischenwirbelscheiben	34	Spitz- mischling	m	15 kg

9 Literaturverzeichnis

- 1 Albert, I.-C. M. (2010): „Der Pferdekopf“ - ein interaktives Lernprogramm. Diss. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- 2 Bailey, C. S., Kitchell, R. L., Haghighi, S. S. und Johnson, R. D. (1988): Spinal nerve root origins of the cutaneous nerves of the canine pelvic limb. American Journal of Veterinary Research 49: S. 115 - 119.
- 3 Ballstaedt, S.-P. (1997): Wissensvermittlung, BELTZ Psychologie Verlags Union, Weinheim.
- 4 Baum, H. (1918): Das Lymphgefäßsystem des Hundes. Archiv für wissenschaftliche und praktische Tierheilkunde 44, Suppl.: S. 521 - 650.
- 5 Bezuidenhout, A. J. (2013a): The Heart and Arteries. In: H. E. Evans und A. de Lahunta, MILLER'S ANATOMY of the DOG, 4th ed.: S. 428 - 504. ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 6 Bezuidenhout, A. J. (2013b): The Lymphatic System. In: H. E. Evans und A. de Lahunta, MILLER'S ANATOMY of the DOG, 4th ed.: S. 535 - 562. ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 7 Bezuidenhout, A. J. (2013c): Veins. In: H. E. Evans und A. de Lahunta, MILLER'S ANATOMY of the DOG, 4th ed.: S. 505 - 534. ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 8 Bielohuby, M., Ehlers, J. P., Rankl, J. und Stolla, R. (2004): Computer-Assistierte-Lernprogramme (CAL) in der Tiermedizin Teil 1: Verfügbarkeit in der tiermedizinischen Lehre. Deutsches Tierärzteblatt(3): S. 249 - 252.
- 9 Blanck, N. (2003): „INSIDEDOG: THE HEAD“ Virtuelle Realität in der Veterinäranatomie. Diss. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- 10 Boeker, M. und Klar, R. (2006): E-Learning in der ärztlichen Aus- und Weiterbildung. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 5(49): S. 405 - 411.
- 11 Bogorodsky, B. W. (1930): Der laterale Strang der Dorsalmuskulatur bei den fleischfressenden Tieren. Anatomischer Anzeiger 69: S. 82 - 121.
- 12 Budras, K.-D., Mülling, C., Pfarrer, C., Reese, S. und Kölle, S. (2012a): Atlas der Anatomie des Hundes. 9., vollständig überarb. Aufl., Schlütersche, Hannover.

- 13 Budras, K.-D., Mülling, C., Pfarrer, C., Reese, S. und Kölle, S. (2012b): Tabellarischer Teil zur Anatomie. In: K.-D. Budras, C. Mülling, C. Pfarrer, S. Reese und S. Kölle, Atlas der Anatomie des Hundes, 9., vollständig überarb. Aufl.: S. 244 - 264. Schlütersche, Hannover.
- 14 Budras, K.-D. und Reese, S. (2012): Brust- und Bauchwand. In: K.-D. Budras, C. Mülling, C. Pfarrer, S. Reese und S. Kölle, Atlas der Anatomie des Hundes, 9., vollständig überarb. Aufl.: S. 34 - 59. Schlütersche, Hannover.
- 15 Bundestierärztekammer (2013): ATF-Fortbildungsangebote, Alle E-Learning-Veranstaltungen. Aufgerufen am 10.03.2014, unter http://www.bundestieraerztekammer.de/index_atf_termine.php?Year=2013&Month=07&Sel=x.
- 16 College of Veterinary Medicine & Biomedical Sciences (2012, 18.08.2013): Virtual Canine Anatomy. Colorado State University. Aufgerufen am 12.03.2014, unter <http://www.cvmbs.colostate.edu/vetneuro/index.html>.
- 17 Ehlers, J. P. und Friker, J. (2003): Erstellung von computerassistierten Lernprogrammen. Tierärztliche Praxis 31 (K): S. 74 - 80.
- 18 Ehlers, J. P., Friker, J., Liebich, H.-G. und Stolla, R. (2002): PC-Ausstattung und -nutzung von Studierenden der Tiermedizin im Vergleich zu Schülern der 12. Klasse. Medizinische Ausbildung 19: S. 124 - 126.
- 19 Ellenberger, Baum und Zietschmann, O. (1943): Das Skeletsystem. In: Ellenberger und Baum, Handbuch der Vergleichenden Anatomie der Haustiere, 18. Auflage: S. 6 - 193. Springer-Verlag, Berlin.
- 20 Evans, H. E. und de Lahunta, A. (2013a): Arthrology. In: H. E. Evans und A. de Lahunta, MILLER'S ANATOMY of the DOG, 4th ed.: S. 158 - 184. ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 21 Evans, H. E. und de Lahunta, A. (2013b): MILLER'S ANATOMY of the DOG. 4th ed., ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 22 Evans, H. E. und de Lahunta, A. (2013c): The Skeleton. In: H. E. Evans und A. de Lahunta, MILLER'S ANATOMY of the DOG, 4th ed.: S. 80 - 157. ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 23 Evans, H. E. und de Lahunta, A. (2013d): Spinal Nerves. In: H. E. Evans und A. de Lahunta, MILLER'S ANATOMY of the DOG, 4th ed.: S. 611 - 657. ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 24 Fischer, M. S. und Lilje, K. E. (2011): Skelett des Hundes. In: HUNDE IN BEWEGUNG: S. 58 - 79. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH, Stuttgart.

- 25 Flaswinkel, H. (2011, 02.11.2011): SonoBasics: Integration ins Studienportal. Aufgerufen am 10.03.2014, unter <http://www.vetmed.uni-muenchen.de/aktuelles/archiv/nachrichten/2011/sonobasics/index.html>.
- 26 Fletcher, T. F. (2013): Spinal Cord and Meninges. In: H. E. Evans und A. de Lahunta, MILLER'S ANATOMY of the DOG, 4th ed.: S. 589 - 610. ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 27 Fletcher, T. F. und Kitchell, R. L. (1966): Anatomical studies on the spinal cord segments of the dog. American Journal of Veterinary Research 27(121): S. 1759 - 1767.
- 28 Gille, U. (2008): Herz-Kreislauf- und Abwehrsystem, Angiologia. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage: S. 404 - 463. Enke Verlag, Stuttgart.
- 29 Haghighi, S. S., Kitchell, R. L., Johnson, R. D., Bailey, C. S. und Spurgeon, T. L. (1991): Electrophysiologic studies of the cutaneous innervation of the pelvic limb of male dogs. American Journal of Veterinary Research 52: S. 352 - 362.
- 30 Handke, J. und Schäfer, A. M. (2012): Grundlagen. In, E-Learning, E-Teaching und E-Assessment in der Hochschule: S. 35 - 53.
- 31 Hermanson, J. W. (2013): The Muscular System. In: H. E. Evans und A. de Lahunta, MILLER'S ANATOMY of the DOG, 4th ed.: S. 185 - 280. ELSEVIER Saunders, St. Louis, Missouri.
- 32 Hinderberger, A. M. (2008): Erstellung eines computergestützten Lernprogramms zum Ausdrucksverhalten des Hundes. Diss. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- 33 Hocke, V. (2005): Multimediales Lernprogramm zur Sonografie von Milz, Leber und Pankreas bei gesunden Hunden und Katzen. Diss. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- 34 Huwendiek, S., Muntau, A. C., Maier, E. M., Tönshoff, B. und Sostmann, K. (2008): E-Learning in der medizinischen Ausbildung. Monatsschrift Kinderheilkunde(156): S. 458 - 463.
- 35 King, A. S. (1999): Arterial supply to the central nervous system. In: A. S. King, Physiological and Clinical Anatomy of the Domestic Mammals. 1 - Central Nervous System: S. 1 - 12. Blackwell Science, Oxford.
- 36 KMK und GWK (2012): Aufstieg durch Bildung - Die Qualifizierungsinitiative für Deutschland - Bericht zur Umsetzung 2012. Kultusministerkonferenz und G. Wissenschaftskonferenz: 1 - 28.

- 37 König, H. E. und Liebich, H.-G. (2009): Immunsystem und lymphatische Organe (Organa lymphopoetica). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere, 4., überarbeitete Auflage: S. 471 - 484. Schattauer, Stuttgart.
- 38 König, H. E., Liebich, H.-G. und Červený, Č. (2009a): Nervensystem (Systema nervosum). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere, 4., überarbeitete Auflage: S. 485 - 556. Schattauer, Stuttgart.
- 39 König, H. E., Ruberte, J. und Liebich, H.-G. (2009b): Organe des Herz-Kreislauf-Systems (Systema cardiovasculare). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere, 4., überarbeitete Auflage: S. 439 - 470. Schattauer, Stuttgart.
- 40 Lenoble, C. (2005): Blende(n)d virtuell. Aufgerufen am 10.03.2014, unter http://lehrentwicklung.univie.ac.at/fileadmin/generalgroup_files/pressefiles/0409_E-learning.pdf.
- 41 Liebich, H.-G., Forstenpointner, G. und König, H. E. (2009a): Einführung und allgemeine Anatomie. In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere, 4., überarbeitete Auflage: S. 1 - 46. Schattauer, Stuttgart.
- 42 Liebich, H.-G. und König, H. E. (2009): Skelett des Stammes (Skeletton axiale). In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere, 4., überarbeitete Auflage: S. 47 - 108. Schattauer, Stuttgart.
- 43 Liebich, H.-G., Maierl, J. und König, H. E. (2009b): Faszien und Muskeln der Kopfes und des Stammes. In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere, 4., überarbeitete Auflage: S. 109 - 140. Schattauer, Stuttgart.
- 44 LMU München (2013): EDV-Räume (CIP-Pools). Aufgerufen am 10.03.2014, unter <https://www.uni-muenchen.de/einrichtungen/itzentren/cip/index.html>.
- 45 Maierl, J., Weissengruber, G. und Liebich, H.-G. (2009): Statik und Dynamik. In: H. E. König und H.-G. Liebich, Anatomie der Haussäugetiere, 4., überarbeitete Auflage: S. 275 - 282. Schattauer, Stuttgart.
- 46 NAV (2012): Nomina Anatomica Veterinaria. 5th ed. (revised version), International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature, Hannover, Columbia, MO, Ghent, Sapporo.
- 47 NEV (2006): Nomina Embryologica Veterinaria. 2nd ed., International Committee on Veterinary Embryological Nomenclature Ghent (Belgium)
- 48 Nickel, R., Schummer, A. und Seiferle, E. (2004/2005): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.

- 49 Nickel, R., Schummer, A., Wille, K.-H. und Wilkens, H. (2004): Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band I - Bewegungsapparat, 8., unveränderte Auflage: S. 15 - 272. Parey Verlag, Stuttgart.
- 50 Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. und Zobel, A. (2008): Kompendium multimediales Lernen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- 51 Reese, S. (2012): Hals und Brustregion. In: K.-D. Budras, C. Mülling, C. Pfarrer, S. Reese und S. Kölle, Atlas der Anatomie des Hundes, 9., vollständig überarb. Aufl.: S. 2 - 9. Schlütersche, Hannover.
- 52 Ruf, D., Berner, M. M., Kriston, L. und Härter, M. (2008): E-Learning – eine wichtige Unterstützung in der medizinischen Aus-, Fort- und Weiterbildung? Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 9(51): S. 1061 – 1069.
- 53 Salomon, F.-V. (2008a): Allgemeine Anatomie der Haussäugetiere. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage: S. 1 - 21. Enke Verlag, Stuttgart.
- 54 Salomon, F.-V. (2008b): Bewegungsapparat. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage: S. 22 - 234. Enke Verlag, Stuttgart.
- 55 Salomon, F.-V. (2008c): Nervensystem, Systema nervosum. In: F.-V. Salomon, H. Geyer und U. Gille, Anatomie für die Tiermedizin, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage: S. 464 - 577. Enke Verlag, Stuttgart.
- 56 Schaller, O., Constantinescu, G. M., Habel, R. E., Sack, W. O., Simeons, P. und de Vos, N. R. (2007): Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature. 2nd Enke Verlag, Stuttgart.
- 57 Schilling, N. und Carrier, D. R. (2010): Function of the epaxial muscles in walking, trotting and galloping dogs: implications for the evolution of epaxial muscle function in tetrapods. The Journal of Experimental Biology 213(Pt 9): S. 1490 - 1502.
- 58 Schmaltz, R. (1898): Ueber die Beschreibung der Venen. Berliner Thierärztliche Wochenschrift 17: S. 193 - 195.
- 59 Seiferle, E. und Böhme, G. (2004a): Gefäßversorgung von Rückenmark und Gehirn. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band IV - Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen, 4., unverändert. Aufl.: S. 209 - 227. Parey Verlag, Stuttgart.

- 60 Seiferle, E. und Böhme, G. (2004b): Hüllen des Zentralnervensystems. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band IV - Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen, 4., unverändert. Aufl.: S. 198 - 208. Parey Verlag, Stuttgart.
- 61 Seiferle, E. und Böhme, G. (2004c): Rückenmark. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band IV - Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen, 4., unverändert. Aufl.: S. 28 - 40. Parey Verlag, Stuttgart.
- 62 Seiferle, E. und Böhme, G. (2004d): Rückenmarksnerven. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band IV - Nervensystem, Sinnesorgane, Endokrine Drüsen, 4., unverändert. Aufl.: S. 230 - 299. Parey Verlag, Stuttgart.
- 63 Seiferle, E. und Frewein, J. (2004): Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem, Myologia. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band I - Bewegungsapparat, 8., unveränd.Aufl.: S. 273 - 585. Parey Verlag, Stuttgart.
- 64 SELFHTML (2007): Grafikformate für Web-Seiten. Aufgerufen am 10.03.2014, unter <http://de.selfhtml.org/grafik/formate.htm#allgemeines>.
- 65 Slijper, E. J. (1946): Comparative biologic-anatomical investigations on the vertebral columns and spinal musculature of mammals. Verhandelingen der Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen 42: S. 1 - 128.
- 66 Stadler, O. (2013): eLearning CASUS-Fälle. Aufgerufen am 14.03.2014, unter http://www.wdk.vetmed.uni-muenchen.de/studium_lehre/rotation/casus/index.html.
- 67 Stadler, O. und Ehlers, J.-P. (2013): Reproduktionsmedizinische CASUS-Fälle in der Tiermedizin. Aufgerufen am 24.07.2013 Kursprogramm SoSe13, unter <http://kurse.vhb.org/VHBPORTAL/kursprogramm/kursprogramm.jsp?Period=57&School=4&Section=142>.
- 68 Stimpel, J. (1934): Die Morphologie des medialen Muskelstranges der Stammeszone bei den Haustieren. Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch 74 (3): S. 337 - 362.
- 69 Stoffel, M. H. (2011a): Blutzirkulation im ZNS. In: Funktionelle Neuroanatomie für die Tiermedizin: S. 111 - 120. Enke Verlag, Stuttgart.
- 70 Stoffel, M. H. (2011b): Embryonalentwicklung und definitive Gestalt des Zentralnervensystems. In: Funktionelle Neuroanatomie für die Tiermedizin: S. 30 - 95. Enke Verlag, Stuttgart.
- 71 Stoffel, M. H. (2011c): Meningen. In: Funktionelle Neuroanatomie für die Tiermedizin: S. 100 - 105. Enke Verlag, Stuttgart.

- 72 Stoffel, M. H. und Budras, K.-D. (2012): Zentralnervensystem. In: K.-D. Budras, C. Mülling, C. Pfarrer, S. Reese und S. Kölle, Atlas der Anatomie des Hundes, 9., vollständig überarb. Aufl.: S. 214 - 241. Schlütersche, Hannover.
- 73 Streck, N. S. (2004): Computer basiertes Lernprogramm über die physikalisch-technischen Grundlagen der Sonografie beim Kleintier. Diss. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- 74 Thiede, M. (2004): Eine Multimedia-Lern-CD-ROM - Parasitosen des Nutzgeflügels und der Ziervögel unter praxisrelevanten Bedingungen. Diss. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- 75 Veterinär Verlag (2013): CVEimpulse - Die Feierabend-Fortbildung für alle Tierärzte. Aufgerufen am 10.03.2014, unter <http://www.cve-impulse.de/>.
- 76 Vollmerhaus, B. (2005): Lymphatisches System In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band III - Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane: S. 276 - 442. Parey Verlag, Stuttgart.
- 77 Waibl, H., Wilkens, H. und Münster, W. (2005a): Arterien, Arteriae. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band III - Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane, 4., unveränd. Aufl.: S. 74 - 189. Parey Verlag, Stuttgart.
- 78 Waibl, H., Wilkens, H. und Münster, W. (2005b): Venen, Venae. In: R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle, Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band III - Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane, 4., unveränd. Aufl.: S. 189 - 276. Parey Verlag, Stuttgart.
- 79 Withington, E. T. (Hg.) (1959): Hippocrates III, art. 45. London.
- 80 Worthman, R. P. (1956): The Longitudinal Vertebral Venous Sinuses of the Dog. American Journal of Veterinary Research 17(64): S. 341 - 363.
- 81 Zengerling, M. T. (2004): „BovineDigit“ ein multimediales 3D-Lernprogramm. Diss. med. vet., Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Danksagung

Für die Überlassung des Themas und die hervorragende Betreuung bei der Anfertigung der Dissertationsschrift und des Lernprogramms gilt mein besonderer Dank Herrn Priv. Doz. Dr. Johann Maierl.

Frau Claudia Bansch danke ich für ihre Hilfe und zahlreichen Tipps rund um die Programmierung des Lernprogramms. Sie war mir eine große Hilfe und hat viele arbeitsreiche Tage in der Anatomie aufgewertet.

Frau Silvia Mitterer danke ich für die vielen Aufmunterungen, ihre stetige Hilfsbereitschaft und die unermüdliche Fehlersuche beim Korrekturlesen dieser Arbeit und des Lernprogramms.

Bei den Präparatoren des Instituts, Herrn Hans Kelm, Herrn Hermann Obermayer aber ganz besonders Herrn Siegfried Hecher, möchte ich mich für ihre Hilfsbereitschaft bei allen Fragen rund um das Realisieren und Konservieren der Präparate bedanken.

Meinen Eltern danke ich für ihre stets aufbauenden Worte, ihre Geduld und ihre finanzielle Unterstützung. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Meiner Schwester Annkathrin Murray und meinem Schwager Dave Murray danke ich dafür, dass sie mir geduldig bei allen Fragen rund um die Bildbearbeitung zur Seite gestanden haben.

Ebenso möchte ich meinem Bruder Dr. Tobias Pfaffendorf, Herrn Georg Hohmann und Frau Merle Schmidt für ihre Unterstützung beim Korrekturlesen dieser Arbeit, sowie Frau Carolin Hohmann und Herrn Oliver Eitschberger für ihre Hilfe beim Korrekturlesen des Lernprogramms danken.

Bei den am Wahlpflichtfach beteiligten Studenten möchte ich mich für ihren Eifer und ihr Engagement bedanken.

Zu guter Letzt danke ich all meinen Freunden, die mir während dieser Zeit den Rücken frei gehalten, mich aufgemuntert und unterstützt haben.